

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**Propuesta de un sistema solar térmico para la obtención de agua
caliente sanitaria en un complejo deportivo**

PRESENTADO POR:
ALBERTO ANTONIO ROSA LUE

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

ING. JUAN ANTONIO FLORES DÍAZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título :

**Propuesta de un sistema solar térmico para la obtención de agua
caliente sanitaria en un complejo deportivo**

Presentado por :

ALBERTO ANTONIO ROSA LUE

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES

San Salvador, Noviembre de 2010

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director :

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
Facultad de Ingeniería y Arquitectura



OEI



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Escuela Superior de Ingeniería

Ingeniería Mecánica
Trabajo de Graduación / Proyecto Fin de Carrera

**Propuesta de un sistema solar térmico para la obtención de agua caliente
sanitaria en un complejo deportivo**

Autor del Proyecto:

Alberto Antonio Rosa Lue

Directores del Proyecto:

Prof. Dr. Rafael Jiménez Castañeda

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Escuela Superior de Ingeniería

Universidad de Cádiz

Ing. Francisco Alfredo De León Torres

Escuela de Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Universidad de El Salvador

Cádiz, 2010.

Dedicado a Dios Todopoderoso y a mi gran maestro Jesucristo

A mí amada Familia y Amigos.

A mi madre.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a Dios, por darme la oportunidad de vivir. Gracias a mi maestro Jesucristo por guiarme en todo mi camino por la vida. Gracias a mi familia, el apoyo y esfuerzo de mi madre y hermana y sus sabias enseñanzas; a mi tía que es mi segunda madre. A mis amigos, por compartir sus alegrías y tristezas, por escucharme, por su valiosa amistad. A mis nuevos amigos del programa PIMA, por su compañía a lo largo de esta aventura en Cádiz.

Agradezco a la Universidad de El Salvador, por la formación profesional y personal brindada, sobre todo a la escuela de ingeniería mecánica y todos sus docentes que me mostraron en cierta medida, la realidad social que se vive en nuestro país.

Gracias a la Universidad de Cádiz, por compartirme sus conocimientos, por su aportación y cooperación, para poder llevar a cabo el presente trabajo, así como intercambiar experiencias en un ambiente de estudios diferente.

Para finalizar, agradezco la oportunidad brindada por el Programa de Intercambio y Movilidad Académica (PIMA). Gracias por darme la oportunidad de conocer diferentes aspectos culturales, sociales y profesionales en el país de España, a través de la bella provincia de Cádiz.

Antonio Lue.

MEMORIA

INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS	12
ALCANCES	13
1.0 ANTECEDENTES.....	14
1.1 ANTECEDENTES GENERALES	15
1.1.1 Energía Solar – Aspectos Históricos.....	16
1.1.2 Utilización de energía solar en España	21
1.1.3 Utilización de energía solar en El Salvador	23
2.0 MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 EL SOL	26
2.2 LA ENERGÍA SOLAR	27
2.2.1 Usos posibles de la energía solar.	29
2.3 RADIACIÓN SOLAR.....	30
2.3.1 Tipos de radiación solar	31
2.3.2 Radiación que llega a la Tierra.....	32
2.3.2.1 Radiación solar que incide en El Salvador	33
2.3.3 Proporciones o distribución de la energía solar que llega a la tierra en forma de radiación.....	35
2.4 MOVIMIENTOS DEL SOL	36
3.0 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS, FUNCIONAMIENTO.	37
3.1 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO.	38
3.1.1 Sistema de captación - Captadores solares, conversión fototermica.	40
3.1.1.1 Proceso de conversión.....	41
3.1.1.2 Efecto invernadero, Principio de funcionamiento de un captador solar	42
3.1.1.3 Componentes de un captador solar	44
3.1.1.4 Tipos de captadores solares para calentamiento de agua	48
3.1.1.5 Estudio energético de un captador de placa plana	50
3.1.1.6 Fluidos calo portadores	54
3.1.2 Intercambiador de calor y sistema de acumulación	55
3.1.2.1 Sistema de intercambio de calor	55
3.1.2.1.1 Efectividad de un Intercambiador de calor	56
3.1.2.1.2 Tipos de Intercambiadores de calor	58
3.1.2.2 Sistema de acumulación.....	61
3.1.3 Sistema de energía convencional	64
3.1.4 Redes o Sistema hidráulico.....	65
3.1.5 Sistema de control.....	72

4.0 EL METODO F-CHART	73
4.1 Calculo del parámetro D1	74
4.2 Calculo del parámetro D2	75
5.0 DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO EN LA CIUDAD DE SAN SALVADOR.....	78
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.....	78
5.1.1 Descripción de la instalación deportiva	78
5.1.2 Descripción de la instalación solar térmica	80
5.2 CÁLCULOS JUSTIFICABLES	81
5.2.1 Demanda	81
5.2.2 Consumo diario de ACS según el CTE.....	81
5.2.3 Zona climática de trabajo.....	81
5.2.4 Diagrama de principio.....	81
5.2.5 Ubicación geográfica de la instalación del proyecto	83
5.2.6 Contribución solar mínima de ACS	83
5.2.7 Determinación de la demanda energética	83
5.2.7.1 Demanda de ACS a 45° C para estación seca	84
5.2.7.2 Demanda de ACS a 45° C para estación lluviosa.....	85
5.2.7.3 Determinación de la demanda de ACS a la temperatura elegida de 45 °C.	85
5.2.8 Determinación de la necesidad de calor QACS	85
5.2.9 Determinación de la energía incidente sobre la superficie de captación	88
5.3 CALCULO DE LAS PRESTACIONES MEDIANTE EL MÉTODO F-CHART	94
5.3.1 Condiciones de diseño del sistema solar térmico	94
5.3.2 Pre dimensionado del área total de captación de radiación solar.....	98
5.3.2.1 Calculo del rendimiento del captador	98
5.3.3 Pre dimensionado del volumen de acumulación ACS	99
5.3.4 Aplicación método F-CHART	100
5.3.5 Dimensionado del numero de captadores de radiación solar necesarios	104
5.4 CALCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA A OBJETOS	105
5.4.1 Calculo de la distancia mínima entre filas de captadores	106
5.5 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO-ACUMULADOR SOLAR....	107
5.6 CALCULO DE TUBERÍAS	107
5.6.1 Circuito primario del sistema.....	107
5.6.1.1 Caudal del circuito primario	107
5.6.1.2 Diseño de la red de tuberías	108
5.6.1.3 Calculo de la bomba circuladora.....	114
5.6.1.4 Calculo del aislamiento de los elementos	114
5.6.2 Circuito secundario del sistema	115
5.6.2.1 Diseño de la red de tuberías	115
5.6.2.2 Calculo del aislamiento de los elementos	115
5.7 CALCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN	116
5.8 CALCULO DEL SISTEMA DE APOYO CONVENCIONAL	120
5.9 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	123

5.10 INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN, USO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO DEL COMPLEJO DEPORTIVO	123
5.10.1 INSTALACIÓN DEL SISTEMA	123
5.10.2 USO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO	125
5.10.3 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO	129
5.11 NORMAS DE SEGURIDAD	131
5.12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO	133
6.0 BIBLIOGRÁFICA.....	138
7.0 REFERENCIA	139
8.0 ANEXOS.....	141

INTRODUCCIÓN

Cada año la demanda de energía va en creciente aumento, con lo cual las fuentes de energía convencionales como el petróleo sufren un deterioro o escasez irreversible, a esto hay que agregar el excesivo aumento de los gases producto de la combustión de este petróleo y sus derivados; gases que afectan a todo el sistema ecológico del planeta tierra, ocasionando muchos fenómenos climáticos como el efecto invernadero o el calentamiento global que desencadena grandes catástrofes como excesos de lluvia o secases de la misma en algunos lugares, además de provocar muchas enfermedades respiratorias y del corazón en los seres humanos.

debido a todo lo antes mencionado surge la necesidad urgente de buscar nuevas formas de energía, las cuales puedan aplicarse para los mismos fines y obtenerse los mismos resultados que con los combustibles convencionales, además de garantizar el desarrollo sostenible medioambiental y la plena existencia a futuro de estas fuentes de energía alternativas que hoy en día se conocen como energía renovables.

Es por ello que este trabajo esta dirigido a sustituir de forma parcial el uso de combustibles derivados del petroleo para la obtención de agua caliente sanitaria por medio de la utilización de la energía solar térmica en la cual se transforma la energía radiante del sol en energía térmica, que luego es aportada al agua de la red para obtener de esta forma la temperatura deseada para su uso en los edificios multifamiliares o recintos deportivos.

Todo lo arriba mencionado se llevara a cabo siempre en alas de contribuir a mejorar o salvaguardar el clima de nuestro planeta, mediante la cero emisión de gases de invernadero a la atmósfera, aportando de una forma practica a disminuir la excesiva contaminación que sufrimos hoy día, a través de la utilización de energía limpia e inagotable proveniente del gran astro sol.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Proponer un sistema termo solar para la obtención de agua caliente sanitaria (ACS) en un complejo deportivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el nivel energético solar del lugar sujeto a estudio.
- Determinar la viabilidad o factibilidad de convertir este tipo de energía solar en energía térmica en la zona de estudio.
- Establecer los parámetros para determinar la disponibilidad de la energía solar en la zona de estudio.
- Determinar el consumo de energía de estas edificaciones que son sujetas de estudio.
- Realizar la selección del equipo necesario para la generación de agua caliente en este tipo de recintos.

ALCANCES

- Proponer un sistema termo solar que sea acorde a las necesidades de agua caliente sanitaria y a la disponibilidad de la energía solar del lugar de estudio.
- Sentar las bases para el procedimiento de selección, instalación, operación y mantenimiento de un sistema termo solar para la generación de agua caliente de uso domestico.

1.0 ANTECEDENTES

El desarrollo de la humanidad desde la época de la Revolución Industrial se ha basado en un uso cada vez más intensivo de máquinas. En efecto, las máquinas son un verdadero multiplicador del esfuerzo humano. El trabajo (o función) que permite desarrollar una máquina es cientos de veces mayor que lo que puede realizar una persona. El trabajo que puede realizar una persona es del orden de los 100 a 140 Watts de potencia mecánica, cualquier máquina moderna puede realizar el trabajo de centenares, incluso miles de personas.

Por lo tanto las máquinas han producido una verdadera revolución al facilitar la producción, agricultura, desarrollo del transporte y centenares de cosas más que, en general, han permitido mejorar el nivel de vida de gran parte de la humanidad. De hecho sin máquinas no es posible imaginarse un planeta con más de 6.000 millones de seres humanos. Sin ellas, simplemente no seríamos capaces de cultivar los alimentos necesarios para alimentarnos, mucho menos traerlos para abastecer a los miles de millones de personas que viven en ciudades.

Pero este desarrollo se ha basado en gran medida en la utilización masiva de combustibles fósiles. Es decir, la energía necesaria para mover las máquinas que mueven el planeta viene de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. Estos combustibles se formaron hace más de 200 millones de años en una época muy precisa de desarrollo del planeta. Entonces existieron mares poco profundos y grandes lagos. El clima era mucho más cálido y húmedo que en la actualidad. La vegetación fue fijando el carbón atmosférico (convirtió el CO₂ del aire en materia orgánica), luego la vegetación murió y se descompuso bajo agua. Allí se produjo un proceso de descomposición anaeróbica (es decir, en ausencia de oxígeno), que fue dejando fijo el carbón e hidrocarburos pesados.

Detrás de este proceso, que duró millones de años, está la formación de los yacimientos de carbón, petróleo y gas natural que hoy existen en el planeta. Estos mismos yacimientos permanecieron prácticamente incólumes hasta que llegó la Revolución Industrial. En efecto, antes las máquinas eran muy sencillas y operadas por

fuerza muscular. El combustible utilizado por excelencia en el mundo era la leña, pero esta comenzó a escasear por efecto de la conquista de América. En efecto, las necesidades que implicaba fabricar grandes flotas de navíos con todo su equipamiento, hizo aumentar de tal manera el consumo de leña, que esta comenzó a escasear y se comenzó a utilizar el carbón. Este era un combustible conocido, pero casi inexplorado por las dificultades técnicas asociadas a su extracción. Así que esta escasez de combustible fue un incentivo para el desarrollo de la máquina, pues para explotar el carbón, era necesario bombear agua de las minas de carbón.

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

Durante el Siglo XIX algunos pioneros hicieron notar que los yacimientos de carbón no iban a durar para siempre y ellos comenzaron seriamente a plantear la utilización de la energía del sol como fuente de energía inagotable para la humanidad. Esto era (y es) especialmente cierto para aquellas regiones del planeta que tienen abundancia de sol y escasez de otros recursos.

El desarrollo intensivo de la industria en el Siglo XX hizo que la velocidad a la cual se explotaron los yacimientos de combustibles fósiles creciera de manera exponencial. Tanto es así, que en los últimos años del Siglo XX y los primeros del XXI se presentan dos grandes amenazas para la continuación del desarrollo humano:

En primer lugar nos estamos acercando cada vez más al momento en que nos hayamos consumido la mitad de las reservas de hidrocarburos del planeta. Los últimos análisis indican que este punto crítico puede estar a solo 5 a 10 años de distancia.

En segundo lugar, es claro que el uso intensivo de combustibles fósiles ha contribuido a aumentar la presencia del CO₂ atmosférico a niveles no vistos en los últimos 260.000 años. El tema del efecto invernadero y su impacto en las posibilidades del desarrollo humano es algo que ha salido del ámbito científico y está firmemente instalado en la conciencia colectiva mundial.

Las energías renovables en general y la energía solar en particular son una opción que

permite un desarrollo sustentable. En efecto, tienen las siguientes ventajas sumamente importantes:

- Al ser renovables el recurso está siempre disponible, es decir no está sujeto a escenarios de posible agotamiento.
- Típicamente son recursos que están distribuidos de forma mucho más equitativa por la superficie del planeta. En efecto, recursos como el carbón o petróleo solo existen en algunos países, en cambio el viento, sol y biomasa está mucho más distribuida.
- Como no hay emisión de CO₂ neta, estas energías permiten el desarrollo sin contribuir al efecto invernadero y calentamiento global

1.1.1 Energía Solar – Aspectos Históricos.

La utilización de energía solar es de larga data. Los Griegos, son conocido en la historia por cómo Arquímedes destruyó la flota romana que sitiaba a Siracusa mediante el uso de espejos que concentraron la radiación solar. Luego Romanos y Griegos supieron utilizar ganancia solar para disminuir cargas térmicas en casas y termas. Además el conocimiento les sirvió para diseñar ciudades. Gran parte de este conocimiento quedó en los trabajos de Vitrubio.

Antes del Siglo XIX se hicieron interesantes experimentos en la construcción de fuentes y artefactos que aprovechaban el calor solar. Horace de Saussure hizo trabajos pioneros sobre el efecto invernadero. Además construyó las primeras cocinas solares en el Siglo XVIII.

Hubo gran interés por espejos concentradores en los siglos XVII y XVIII. El caso más notable fueron los trabajos de Lavoisier. En el siglo X Antoine de Lavoisier hizo importantes trabajos en física utilizando hornos solares VII como fuente de calor. En particular, demostró el principio de conservación de la masa o materia, también demostró que el diamante estaba hecho de carbón y pudo fundir platino a través de un concentrador solar.

En el siglo XIX Auguste Mouchot puede de verdad ser considerado el padre de los

motores solares. Hizo numerosos experimentos y fabricó varios motores, desde potencias muy pequeñas hasta varios kilowatts de potencia real. En el Siglo XIX la energía solar era opción real frente al carbón.

Especialmente en lugares con alta radiación. Mouchot apuntó a trabajar con espejos cónicos. Su máquina de mayor tamaño la construyó en Tours, Francia. Quería llenar de motores solares a todo Egipto, además construyó cocinas solares y destiló brandy con energía solar. Durante el siglo XIX hubo un discípulo de Mouchot llamado Abel Pifre, quien editó un periódico ("Le Soleil") en la feria mundial de Paris donde se inauguró la Torre Eiffel.

Otro pionero de gran importancia en este siglo fue Charles Wilson. En 1872 construyó un gran destilador solar en Las Salinas (cerca de Chacabuco), Chile. Producía más de 4.000 litros de agua dulce al día y se utilizó al menos hasta 1912. También estaba otro pionero llamado Ericsson.

Hubo otros dos pioneros; Shuman y Boys. Estos pioneros construyeron toda una serie de motores solares que culminó con una gran planta en Egipto. Los concentradores eran cilindros parabólicos, con orientación este oeste que seguían al sol en altura y con 50 HP de potencia, para irrigación que estuvo en operación hasta los inicios de la primera guerra mundial.

En el siglo XX Tellier utilizó el concepto de colectores planos con muy bajos costos. También estaba Eneas, que apareció nuevamente con el concentrador cónico para hacer funcionar un motor para bombear agua, de aproximadamente 5 HP de potencia. Se fabricaron bastantes unidades en esa época.

El Padre Himalaya construyó un horno solar de investigación de inicios del Siglo XX. Los pioneros percibieron al sol como una fuente limpia e inagotable de energía. Además es perfectamente competitivo frente al carbón y a otros combustibles que en el día de hoy se utilizan. El petróleo atrasó la energía solar. Hoy, ante la incertidumbre sobre lo que ocurrirá con el petróleo, esta opción nuevamente está abierta.

El sol, la estrella que, por el efecto gravitacional de su masa, domina el sistema planetario que incluye a la Tierra. Mediante la radiación de su energía

electromagnética, aporta directa o indirectamente toda la energía que mantiene la vida en la Tierra, porque todo el alimento y el combustible procede en última instancia de las plantas que utilizan la energía de la luz del Sol.

La energía radiante producida en el Sol es el resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es $1,37 \times 10^6$ erg/s/cm², o unas 2 cal/min/cm². Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0,2% en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

La intensidad de la energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor.

Las primeras utilidades de la energía solar se pierden en la lejanía de los tiempos. No obstante, por algunas tablillas de arcilla halladas en Mesopotamia, se sabe que hacia el año 2000 antes de J.C. las sacerdotisas encendían el fuego sagrado de los altares mediante espejos curvados de oro pulido.

En Egipto, hacia el año 1450 antes de J.C., existían unas estatuas sonoras del faraón Amenhotep III. El sonido producido por estas estatuas era consecuencia del aire calentado en sus enormes pedestales, que eran huecos, y que comunicaban con el exterior por un orificio muy pequeño.

Arquímedes utilizó espejos cóncavos, con los cuales incendió las naves romanas durante el renacimiento.

Kicher (1601-1680) encendió una pila de leña a distancia utilizando espejos por un procedimiento similar al utilizado por Arquímedes.

Ehrenfried von Tschirnhaus (1651-1700), que era miembro de la Academia Nacional

Francesca de la Ciencia, logró fundir materiales cerámicos mediante la utilización de una lente de 76 cm. de diámetro.

George Louis Leclerc (1707-1788) fabricó un horno solar compuesto por 360 espejos con un foco común e hizo una demostración en los jardines del Palacio de Versalles, encendiendo una pila de leña a 60 m.

El primer colector solar plano fue fabricado por el suizo Nicholas de Saussure (1740-1799), y estaba compuesto por una cubierta de vidrio y una placa metálica negra encerrada en una caja con su correspondiente aislamiento térmico. Este colector solar se utilizó para cocinar alimentos que se introducían en su interior.

Antoine Lavoisier (1743-1794), célebre químico francés descubridor del oxígeno, experimento con lentes de 130 cm. de diámetro y fundió el platino, cuyo punto de fusión es de 17600C.

John Herschell, hijo del célebre astrónomo británico William Herschell, descubridor del planeta Urano, utilizó colectores solares de dos cubiertas también para cocinar alimentos, obteniendo en 1837 un prototipo que alcanzaba los 1160C.

En 1874 se instaló en Las Salinas (Chile) un destilador solar pasivo, consistente en 4700 m² de superficie acristalada que producían 23000 litros de agua dulce al día. Este destilador funcionó durante 40 años hasta que fue traída el agua mediante una tubería desde Antofagasta.

En 1875, el francés Mouchont realizó un colector cónico de 18.6 m² de área de abertura, destinado a la producción de vapor y que fue presentado en París. Este colector tuvo un accidente como consecuencia de haberse quedado sin agua.

Abel Pifre utilizó en la Exposición de París del año 1878 un colector doble parabólico para la producción de vapor, con el cual se accionaba una pequeña imprenta.

El primer colector cilíndrico-Parabólico fue ideado por el norteamericano John Ericsson en 1883.

Hacia finales del siglo antepasado existía ya un cierto interés por la energía solar, puesto de manifiesto por las diversas revistas científicas de la época.

A principios del siglo pasado la utilización de la energía solar tuvo especial Interés en Estados Unidos, principalmente en California, donde se hicieron algunos trabajos y

estudios en colaboración con astrónomos, construyéndose algunos prototipos de grandes dimensiones. El abaratamiento de los combustibles, como consecuencia de la I Guerra Mundial, dio al traste con todos estos trabajos.

Un ejemplo de los aludidos fue el colector del portugués Himilaya en San Louis (Missisipi) del año 1904, con un factor de concentración de 2000, destinado a fundir metales, así como un colector cónico realizado por el norteamericano Eneas, contemporáneo del anterior.

En 1913, los también norteamericanos Shuman y Boys instalaron, primero en Filadelfia (USA) y luego en Egipto, colectores cilíndrico. que producían vapor para el accionamiento mecánico de bombas hidráulicas destinadas a irrigación. El colector de Egipto proporcionaba una potencia de 37 a 45 Kw. durante un período de cinco horas.

En la década de los años 30 de nuestro siglo se popularizaron en Japón equipos de circulación natural para obtener agua caliente sanitaria con una capacidad de almacenamiento de 100-200 litros.

Después de la II Guerra Mundial este tipo de sistemas se extendió también en Israel, pero debido al bajo precio de los combustibles convencionales, el uso de la energía solar quedó relegado a un segundo plano.

El resurgimiento de la energía solar como una disciplina científica se produce en 1953, cuando Farrington Daniels organiza en la Universidad de Wisconsin un Simposio Internacional sobre la utilización de la Energía Solar, auspiciado por la National Science Foundation de Estados Unidos. Dos años más tarde, en Tucson (Arizona), se celebró otro simposio y se formó la Asociación para la Aplicación de la Energía Solar.

Como consecuencia de estos simposios se creó la revista "Solar Energy", de muy alto nivel científico, que edita la Sociedad internacional de la Energía Solar con sede en Australia, entidad que sucedió a la asociación para la aplicación de la energía solar.

En esta misma época (1954) se descubrió la ftopila de silicio en los laboratorios de la bell Telephone, los cuales recibieron por ello un fuerte impulso debido a las inminentes necesidades de ftopilas para actividades espaciales.

En la década de los años 60, el excesivo abaratamiento de los combustibles convencionales hizo que se dedicase poca atención al tema de la energía solar, si bien

en esta época se construyó el horno solar de Font Romeu (Francia).

Fue en 1973 cuando, como consecuencia de la cuarta guerra árabe-israelí, la OPEP decidió elevar enormemente los precios del petróleo y se produjo un fuerte resurgimiento mundial de la energía solar, al poder ser ya competitiva con los nuevos y altos precios del petróleo y de los productos energéticos en general.

En este contexto se prevé, pasados ya más de 15 años desde aquella fecha crucial, un crecimiento moderado pero sostenido de las aplicaciones de la energía solar y de otras fuentes de energía renovables en todo el mundo.

1.1.2 Utilización de energía solar en España

En los años 70 y principios de los 80, al dispararse los costes de la energía por culpa de las crisis del petróleo, la mayoría de los países occidentales lanzan programas de I+D en energías renovables. España apuesta, entre otras, por la energía solar térmica, que en su versión más simple consiste en concentrar la luz del Sol para producir vapor que mueva turbinas y así generar electricidad.

En colaboración con Alemania se funda en Tabernas (Almería) un gran centro de investigación en esta fuente de energía: la Plataforma Solar de Almería (PSA). La excelencia de las instalaciones y de los investigadores que allí trabajan hacen rápidamente de este centro uno de los punteros del mundo. España se convierte en líder mundial, junto a Estados Unidos, de la energía solar térmica.

Al bajar el precio del petróleo, decrece el interés por las energías renovables. Algunos gobiernos abandonan. Otros siguen impulsándolas y así energías como la eólica despegan y se consolidan como alternativas interesantes. La cogeneración (generación de electricidad por los usuarios para aprovechar el calor residual) se extiende rápidamente allí donde las leyes lo permiten, en España por ejemplo. La investigación española en energía solar térmica se mantiene y a principios de los 90 se comienza a hablar de construir la primera planta eléctrica solar del país de 21 MW, en Huelva. El proyecto es liderado por Sevillana, empresa andaluza que ha apostado por las energías renovables como opción de futuro. La PSA y otros centros de investigación

son los protagonistas científico-técnicos de esta aventura, que es bautizada "Colón Solar". Lo más novedoso del proyecto es que va a ser rentable gracias a la legislación aprobada por el Gobierno socialista, que favorece mucho a las energías renovables y a la cogeneración.

En 1996 el PP llega al poder y rápidamente cambia de arriba a abajo todo el panorama energético nacional. Un poco por clientelismo hacia Castilla y León pero sobre todo por oscuros compromisos con empresarios del carbón, el PP pasa a privilegiar todo lo que puede esta fuente "tradicional" de energía. La compañía eléctrica que más basada está en el carbón es la pública Endesa, y de ella va a hacer el PP su herramienta para controlar el mercado eléctrico español.

Aznar nombra como presidente de Endesa a su amiguete el ex-ministro Rodolfo Martín Villa. Acto seguido privatiza totalmente la empresa, guardándose el Gobierno eso sí una "acción de oro" (repetidamente criticada e incluso ilegalizada por la Comisión Europea) para tener derecho de veto en toda decisión importante de la compañía. Entretanto, Endesa lanza OPAs hostiles contra dos de sus principales rivales regionales: Fecsa (catalana) y Sevillana (andaluza). Gracias al apoyo incondicional del Gobierno estas OPAs triunfan. (Es curioso cómo en el sistema capitalista español lo que decide el éxito de una OPA es la actitud del Gobierno y no el precio por acción, las sinergias potenciales de las empresas... Y si no que se lo pregunten a Gas Natural) Endesa se traga así a dos de sus principales competidores justo antes de que el mercado eléctrico se abra a la competencia.

Para Sevillana la OPA supone el desmantelamiento total. Todos los centros de decisión en Sevilla son suprimidos, las centrales son transferidas a Endesa, Sevillana es reducida a una marca de distribución, por aquello de la fidelidad de los clientes (que tampoco tienen mucha elección, por otro lado). En los inservibles despachos del edificio de Sevillana, Endesa monta la sede de una nueva filial: "Endesa Cogeneración y Renovables", que teóricamente va a aprovechar la experiencia de Sevillana en este campo. Eso dicen los comunicados de prensa, al menos. El director de esta filial dio un día una conferencia en mi escuela de ingenieros. El resumen de la misma podría ser: "no enfoquéis vuestra carrera hacia la cogeneración ni las renovables; lo que tiene

futuro son las nucleares y el carbón?. Viniendo de quien venía no podía dejar de ser inquietante.

En 1998 el proyecto Colón Solar es congelado. Endesa dice querer revisar la financiación, los objetivos... Meses después, el PP promulga la nueva Ley Eléctrica. Curiosamente, para su elaboración sólo han llamado a técnicos de Endesa. Curiosamente, la nueva Ley penaliza fuertemente a las plantas de cogeneración y reduce muchísimo las ventajas de que había disfrutado hasta entonces la electricidad renovable. El colmo es que la Ley, en la enumeración de las energías que considera renovables, simplemente no menciona la energía solar térmica. ¿Olvido, malicia o puro cachondeo?

Durante el trámite parlamentario, al menos se corrige el último punto y la energía solar térmica no queda relegada a la clandestinidad. Sin embargo, cualquier esperanza de hacer un proyecto rentable con energías renovables queda hecha trizas. Y lo mismo para la cogeneración, cuyo avance se ha visto frenado en seco desde entonces.

Colón Solar es anulado definitivamente poco después. Al año siguiente, Alemania abandona la PSA. El director de la Plataforma, con su presupuesto cercenado, viendo la clarísima falta de voluntad política del Gobierno español, presenta su dimisión en 2001. La dimisión es rechazada, con lo cual el Gobierno consigue mantener un status quo de parálisis que viene bien a sus fines. Muchos de los mejores investigadores de la PSA se marchan, asqueados. Hará falta un año de tira y afloja para que por fin el director sea reemplazado y la Plataforma pueda retomar tímidamente su maltrecha actividad

1.1.3 Utilización de energía solar en El Salvador

¿Qué perspectiva se ve a la energía solar en un país pobre como El Salvador?

Dicen que la necesidad hace la trampa, el petróleo se quiera o no está terminándose aunque digan que hay yacimientos nuevos y que están a tres kilómetros de

profundidad, se debe apostar a las energías renovables para evitar que se tenga más efecto invernadero por el CO₂ que se está mandando a la atmósfera, eso es por un lado, y el otro lado la necesidad que se tiene de energía y a pesar de tener recursos, no solo solar, fotovoltaica, solar térmica, El país gasta diésel, kerosene, o gasolina para calentar agua, y es la cosa más fácil calentar agua con paneles solares. muchos hoteles tienen la necesidad de ACS y durante el Stan sufrieron por falta de agua caliente, y esa agua caliente la usan para la lavandería, para la cocina y para los huéspedes, estos recintos utilizan un calentador eléctrico para obtener la ACS, en El Salvador se tiene la bendición del sol.

En los últimos 60 años, se ha detectado un aumento de las concentraciones de gases invernadero por causa de la acción del hombre. El uso generalizado de los combustibles fósiles, el debilitamiento de la capa de ozono y la desaparición de grandes masas boscosas están favoreciendo el aumento de la temperatura en la Tierra, provocando un futuro incierto para nuestras próximas generaciones. Por todo ello, nos vemos obligados a apostar por la Energía Solar, un recurso limpio, inagotable, de fácil instalación, con una vida prolongada y que se adapta perfectamente al ámbito rural y urbano.

El territorio de El Salvador tiene una ubicación privilegiada para la explotación de la Energía Solar y, es por ello que las diferentes administraciones están impulsando iniciativas que permiten que cualquier persona o empresa interesada pueda contribuir a la generación de electricidad mediante la energía solar fotovoltaica, y al calentamiento de agua mediante la energía solar térmica.

A partir de ahora nos podemos convertir en protagonistas del desarrollo sostenible de nuestro planeta, aprovechando un recurso limpio e inagotable, además de muy rentable, como es la Energía Solar, que ayuda a la reducción de gases de efecto invernadero, a la no dependencia de los combustibles fósiles y al ahorro energético, contribuyendo a la consecución de los objetivos marcados por el Protocolo de Kyoto del Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU de 1997, y los fijados por la Unión Europea para 2020.

2.0 MARCO TEÓRICO

La recogida natural de energía solar se produce en la atmósfera, los océanos y las plantas de la Tierra. Las interacciones de la energía del Sol, los océanos y la atmósfera, por ejemplo, producen vientos, utilizados durante siglos para hacer girar los molinos. Los sistemas modernos de energía eólica utilizan hélices fuertes, ligeras, resistentes a la intemperie y con diseño aerodinámico que, cuando se unen a generadores, producen electricidad para usos locales y especializados o para alimentar la red eléctrica de una región o comunidad.

Casi el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos. La energía que generan estas aguas en movimiento al pasar por las turbinas modernas se llama energía hidroeléctrica

Gracias al proceso de fotosíntesis, la energía solar contribuye al crecimiento de la vida vegetal (biomasa) que, junto con la madera y los combustibles fósiles que desde el punto de vista geológico derivan de plantas antiguas, puede ser utilizada como combustible. Otros combustibles como el alcohol y el metano también pueden extraerse de la biomasa.

Asimismo, los océanos representan un tipo natural de recogida de energía solar. Como resultado de su absorción por los océanos y por las corrientes oceánicas, se producen gradientes de temperatura. En algunos lugares, estas variaciones verticales alcanzan 20 °C en distancias de algunos cientos de metros. Cuando hay grandes masas a distintas temperaturas, los principios termodinámicos predicen que se puede crear un ciclo generador de energía que extrae energía de la masa con mayor temperatura y transferir una cantidad a la masa con temperatura menor. La diferencia entre estas energías se manifiesta como energía mecánica (para mover una turbina, por ejemplo), que puede conectarse a un generador, para producir electricidad. Estos sistemas, llamados sistemas de conversión de energía térmica oceánica, requieren enormes intercambiadores de energía y otros aparatos en el océano para producir potencias del orden de megavatios.

La recogida directa de energía solar requiere dispositivos artificiales llamados colectores solares, diseñados para recoger energía, a veces después de concentrar los rayos del Sol. La energía, una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotoeléctricos, o fotovoltaicos. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. En los procesos fotovoltaicos, la energía solar se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermedio.

2.1 EL SOL

Es una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6000°C, en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación **solar**. La distribución espectral de la radiación de esta fuente de energía medida fuera de la atmósfera terrestre, aproximadamente la mitad esta en la región visible del espectro, cerca de la otra región infrarroja y un pequeño porcentaje de la región ultravioleta.

La radiación del sol es de 63,450,720 w/m². si se supone que el sol emite en todas direcciones y se construye una esfera que llegue hasta la atmósfera terrestre, es decir que tenga un radio de distancia de 149.5 millones de km, se podrá determinar cual es la radiación en ese punto.

Como se dijo anteriormente, el sol esta a una distancia de 149,490,000 kilómetros de la Tierra, y la constante solar, esto es, la intensidad media de radiación medida fuera de la atmósfera en un plano normal a la radiación es aproximadamente 1.94 cal/min.cm³. o lo que es lo mismo 1,366 w/m². variable durante el año un ± 3 % a causa de la elipticidad de la órbita terrestre (Figura 1).

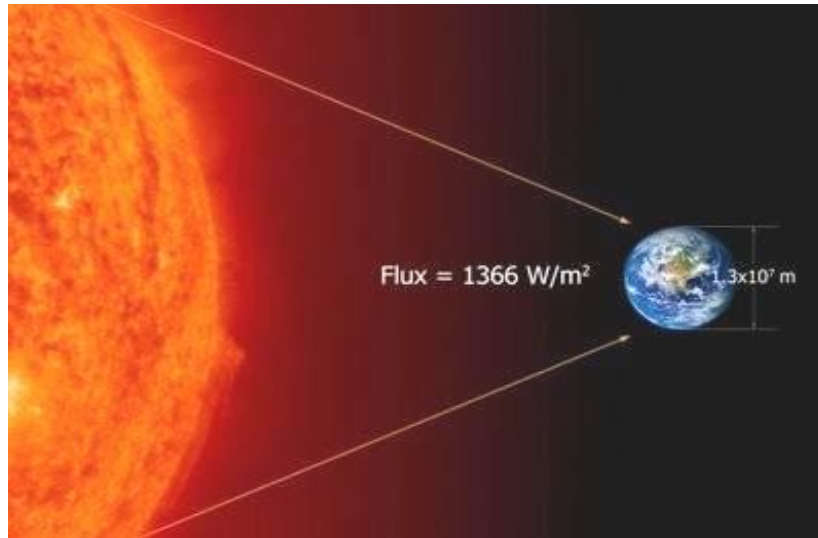


Figura 1. Constante solar

2.2 LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar, que calienta e ilumina. Necesita sistemas de captación y de almacenamiento y aprovecha la radiación del sol de maneras diferentes:

Utilización directa: Mediante la incorporación de acristalamientos y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada “energía solar térmica pasiva”, se utiliza para acondicionamiento térmico de un edificio aprovechando la energía solar para disminuir sus necesidades de calefacción y refrigeración.

Transformación de calor: es la llamada “energía solar térmica activa”, que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos. Este fluido se puede destinar para el agua caliente sanitaria (ACS), dar apoyo a la calefacción para atemperar piscinas, etc.

Transformación en electricidad: es la llamada “energía solar fotovoltaica” que permite

transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas integrantes de módulos solares. Esta electricidad se puede utilizar de manera directa, se puede almacenar en acumuladores para un uso posterior, e incluso se puede introducir en la red de distribución eléctrica.

La energía solar es una de las energías renovables con mayores posibilidades.

Ventajas de la utilización de la energía solar:

- Escaso impacto ambiental.
- No produce residuos perjudiciales para el medio ambiente.
- Distribuida por todo el mundo.
- No tiene mas costes una vez instalada que el mantenimiento el cual es sencillo
- No hay dependencia de las compañías suministradoras de electricidad.

Inconvenientes de la utilización de la energía solar:

- Se precisan sistemas de acumulación, que muchas veces contienen agentes químicos peligrosos (el caso de baterías para almacenar energía eléctrica). los depósitos de agua caliente deben protegerse contra la legionela.
- Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles en caso de grandes instalaciones.
- Impacto visual negativo si no se cuida la integración de los módulos solares en el entorno.

Se calcula que durante el presente año, el sol arrojará sobre la tierra 4,000 veces más energía de la que se va a consumir.

2.2.1 Usos posibles de la energía solar.

En una lista parcial de posibles usos de la energía solar, figuran:

- Calefacción domestica
- Refrigeración
- Calentamiento de agua
- Destilación
- Generación de energía
- Fotosíntesis
- Hornos solares
- Cocinas
- Evaporación
- Acondicionamiento de aire
- Control de heladas
- Secado

Se han ensayado todos los usos citados de la energía solar en escala de laboratorio, pero no se han llevado a la escala industrial. En muchos casos, el costo de la realización de estas operaciones con energía solar no pueden competir con el costo cuando se usan otras fuentes de energía por la gran inversión inicial que es necesaria para que funcionen con energía solar y por ello la mayor parte de los estudios de los problemas de utilización de esta energía esta relacionado con problemas económicos.

Las instalaciones solares pueden considerarse clasificadas por tres tipos de aplicación. Primero, hornos solares, usados como medio de laboratorio para obtener altas temperaturas en diversos estudios y propuestos para usos se mi industriales. En segundo lugar los usos potenciales de disposiciones solares sencillas, como cocinas, refrigerantes y bombas de irrigación en regiones no industrializadas, con radiación segura y en donde los actuales recursos de energía no son satisfactorios o resulten

caros. Un tercer grupo de aplicación de energía solar podrá competir en el futuro económicamente con otras fuentes de energía en algunas zonas de países industrializados, si los adelantos técnicos en este campo o los cambios en el costo de la energía de otras fuentes llegan a alterar su costo relativo.

Los problemas con que se tropieza para recoger la energía solar, almacenarla y usar la energía resultante, son los mismos para numerosos usos potenciales de esta fuente de energía y se estudian uno por uno en lo que sigue.

2.3 RADIACIÓN SOLAR

Como ya se menciono anteriormente la radiación en el sol es de $63,450,720 \text{ W/m}^2$ y la constante solar representa la energía media que llega a la capa mas externa de la atmósfera terrestre y cuyo valor es igual a 1353 W/m^2 , pero este valor no es el que precisamente llega a la superficie del suelo, debido a que hay un sin numero de factores que afectan la captación del 100 % de la energía radiante que proviene del sol (figura 2).

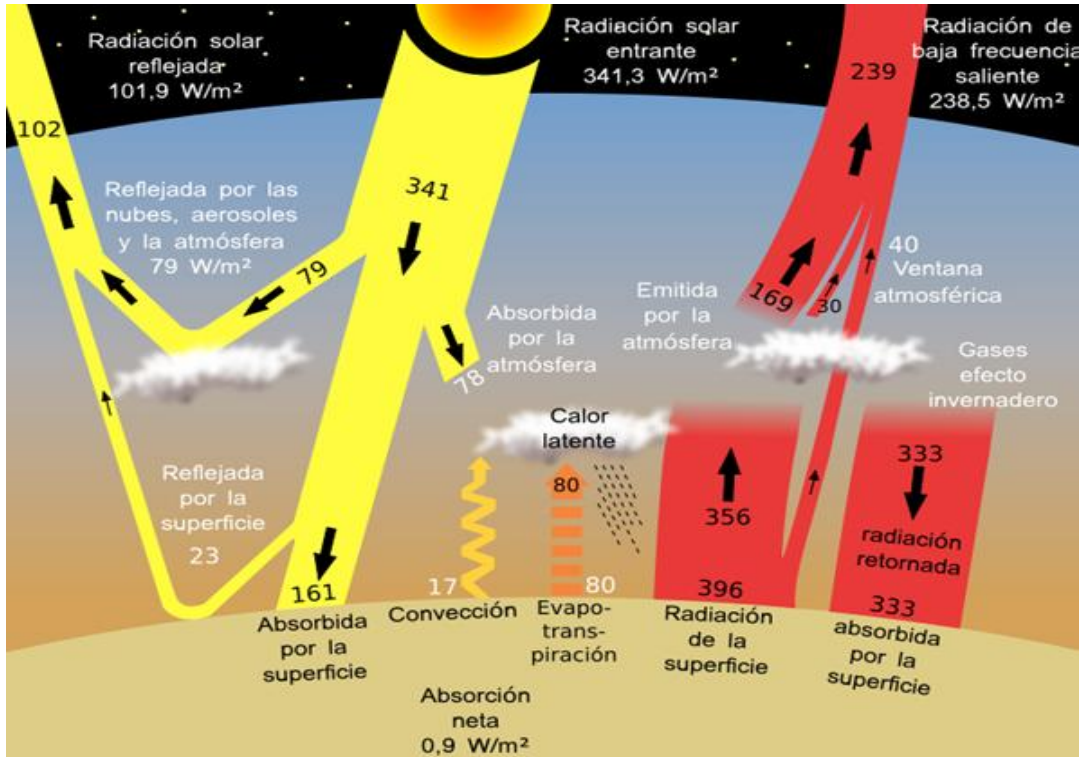


Figura 2. Radiación solar que llega a la tierra.

A la tierra solo llega aproximadamente 1/3 de la energía total interceptada por la atmósfera, y de ella el 70% cae en el mar. Aun así, es varios miles de veces el consumo energético mundial.

2.3.1 Tipos de radiación solar

En función de como inciden los rayos en la tierra se distinguen tres componentes de la radiación solar:

Directa: Es la recibida desde el sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.

Difusa: Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmósfera.

Albedo o Reflejada: Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Aunque las tres componentes están presentes en la radiación total que recibe la tierra, la radiación directa es la mayor y mas importante en las aplicaciones de energía solar. Cuando la radiación directa no puede incidir sobre una superficie debido a un obstáculo, el área en sombra también recibe radiación gracias a la radiación difusa.

2.3.2 Radiación que llega a la Tierra.

La intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de las Tierra se reduce por varios factores variables, entre ellos, la absorción de la radiación, en intervalos de longitud de onda específicos, por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono, etc., por el vapor de agua, por la difusión atmosférica por la partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua, por reflexión de las nubes y por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal de la radiación.

El total de la energía solar que llega a la Tierra es enorme. Algunos países por ejemplo, reciben anualmente alrededor de 1500 veces sus demandas de energía total. En un día de sol de verano, la energía que llega al tejado de una casa de tipo medio seria mas que suficiente para satisfacer las necesidades de energía de esa casa por 24 hora.

La distribución espectral de la radiación en la superficie de la tierra ha sido extensamente estudiada y se ha propuesto una serie de curvas a modo de patrón, para diferentes masa de aire. la masa de aire m , se define como la radiación y el espesor cuando el sol esta en el cenit y el observador a nivel del mar.

la tabla 1 indica la distribución de energía transmitida en tres intervalos de longitud de onda, para diversas masas de aire m , y se basa en la constante solar de 1.896 cal/min. cm.

Intervalo de longitud de onda, m	Energía transmitida, cal./((min.)(cm ²))					
	m = 0	1	2	3	4	5
Ultravioleta, 0.29-0.40	0.136	0.057	0.029	0.014	0.008	0.004
Visible, 0.40-0.70	0.774	0.601	0.470	0.371	0.295	0.235
Infrarrojo, por encima de 0.70	0.986	0.672	0.561	0.486	0.427	0.377
Totales Calorías por minuto, por cm ²	1.896	1.330	1.060	0.871	0.730	0.616

Tabla 1. Distribución de energía según longitudes de onda

2.3.2.1 Radiación solar que incide en El Salvador

El Salvador cuenta con un gran potencial energético en lo que ha radiación solar se refiere, esto lo demuestra la figura 3 proporcionada por el SNET, en donde puede verse que en las zonas oriental y costera del país tienen un alto potencial del recurso solar.

La radiación solar promedio en El Salvador tiene un valor que oscila en el intervalo de 5,0 KWh/m² y 6,5 KWh/m², lo que lo hace el país con las mayores posibilidades de desarrollo de esta energía renovable a nivel de Centroamérica (figura 4).

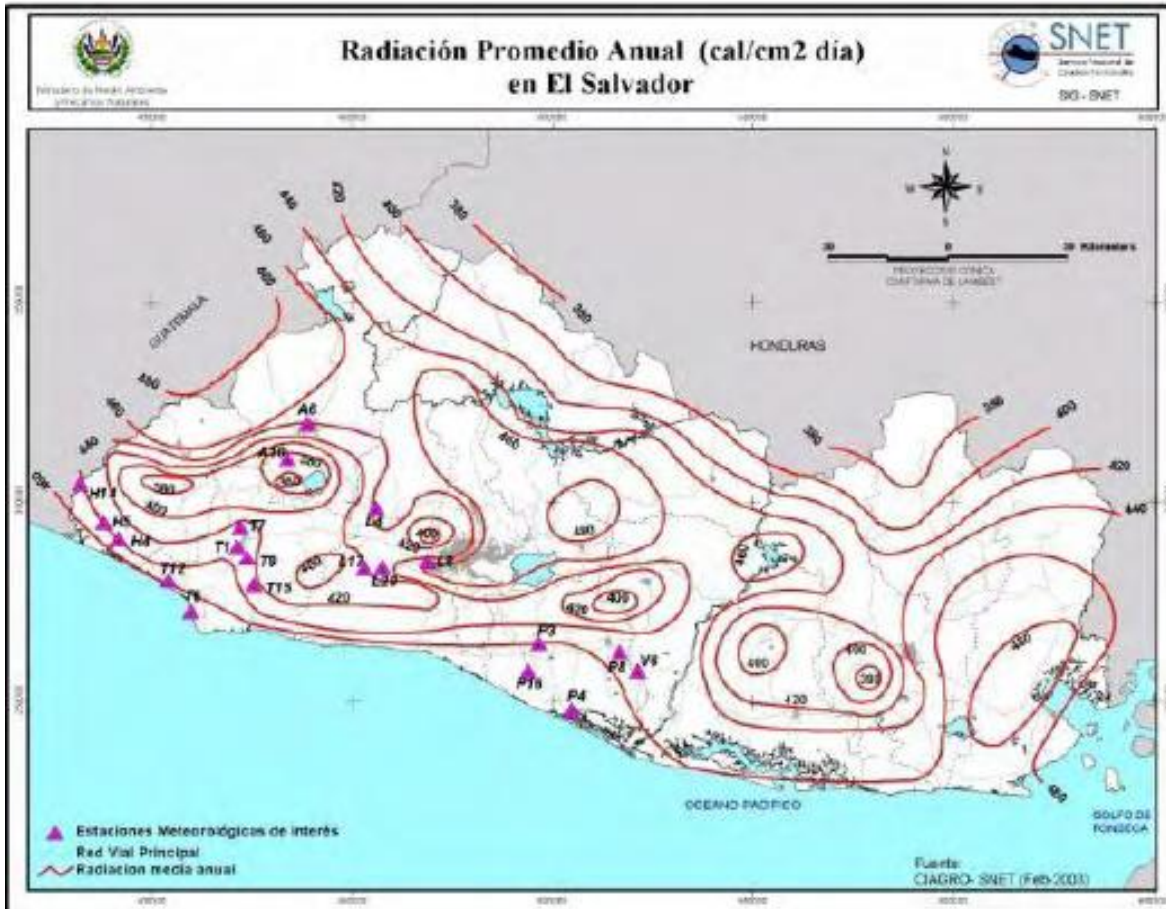


Figura 3: Radiación Promedio Anual (1 Cal/cm = 11.63 Wh/m). Fuente: SNET.

El SNET (Servicio Nacional de Estudio Territoriales) es el ente encargado de registrar los datos de diversos recursos naturales, monitorear el país en temas de vulcanología, climatología, etc.

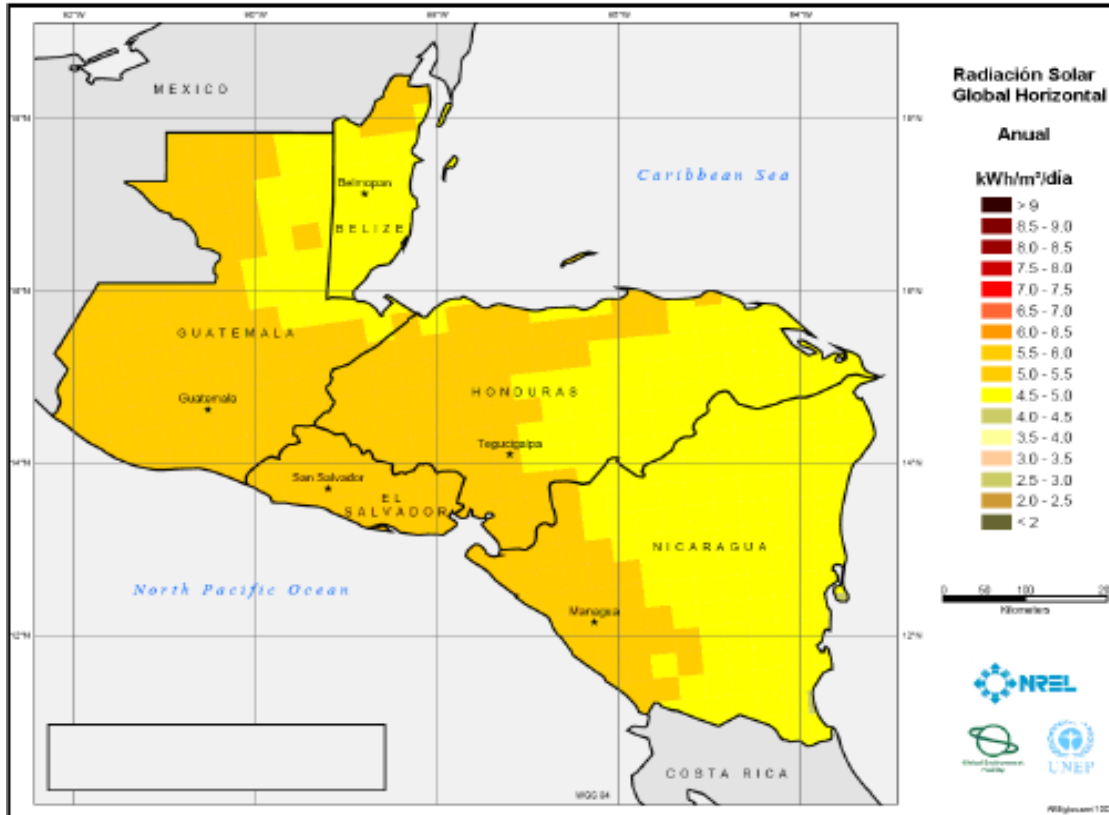


Figura 4. Radiación solar global horizontal anual en Centroamérica.

2.3.3 Proporciones o distribución de la energía solar que llega a la tierra en forma de radiación.

Las proporciones de radiación directa, difusa y reflejada que recibe una superficie dependen de:

- La hora del día.
- La latitud del lugar.
- La orientación de la superficie de captación.
- Condiciones meteorológicas: en un día nublado la radiación es prácticamente difusa, mientras que en uno soleado es directa.
- Inclinação de la superficie respecto al plano horizontal: Una superficie horizontal recibe la máxima radiación difusa y la mínima reflejada.

- Presencia de superficies reflejantes: Las superficies claras son las mas reflectantes por lo que la radiación reflejada aumenta en invierno por el efecto de la nieve en países europeos y cercanos a los polos terrestres.

2.4 MOVIMIENTOS DEL SOL

El sol dibuja trayectorias diferentes según la estación del año. en invierno sube poco y en verano mucho, lo que hace que las sombras sean diferentes en unas estaciones y en otras(figura 5).

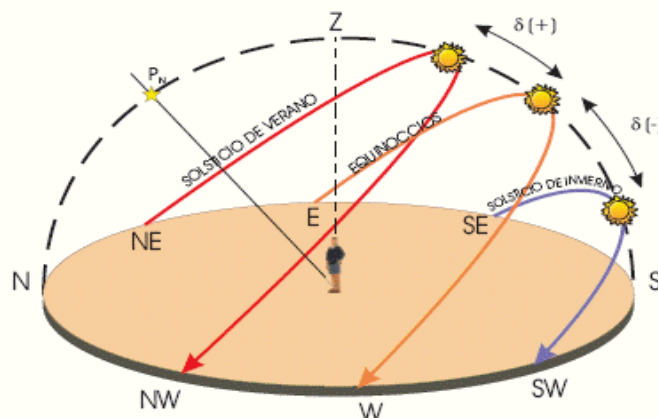


Figura 5. movimientos del sol (movimiento aparente)

Para conocer el movimiento del sol se utilizara un sistema de coordenadas con dos ángulos, que permite saber en cada momento donde se encuentra (figura 6).

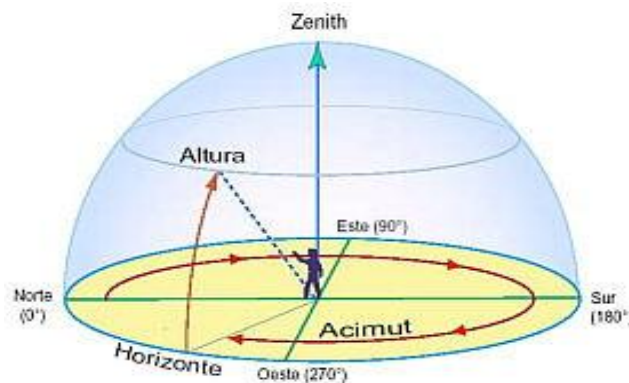


Figura 6. Determinación de la posición del sol

Altura solar (α): Es el ángulo formado por la posición aparente del sol en el cielo con la horizontal del lugar (figura 7).

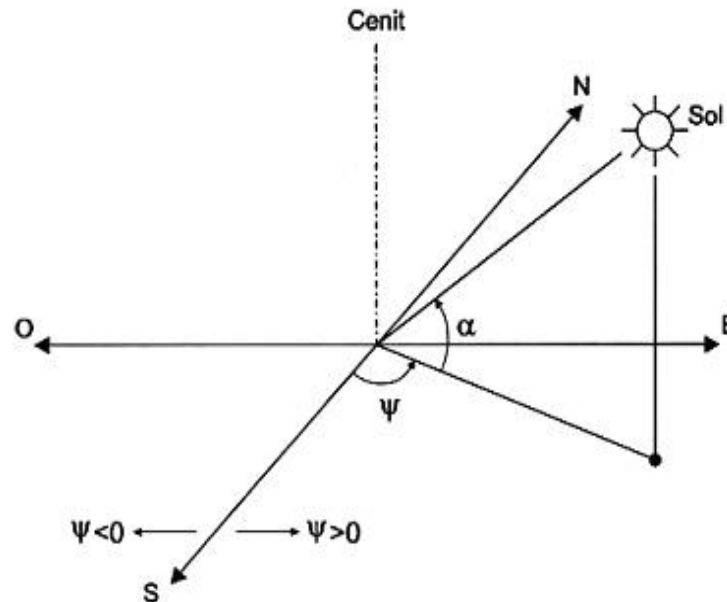


Figura 7. Altura solar α y Acimut solar ψ

Acimut solar (ψ): Es el ángulo horizontal formado por la posición del sol y la dirección del verdadero sur (figura 7).

3. INTRODUCCIÓN A SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS, FUNCIONAMIENTO.

Un sistema solar térmico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que permite captar la energía solar disponible y transformarla en calor de forma que se pueda utilizar en diferentes necesidades.

En general, es necesario acumular esta energía para cuando se requiera su consumo, mediante un fluido contenido en depósitos. La principal aplicación para la que se utiliza es la obtención de **agua caliente sanitaria** (ACS), en general, el consumo de agua caliente no está influido por la estación del año y la temperatura que se requiere para la utilización del agua no es muy elevada (60° C por ejemplo).

Otras aplicaciones como por ejemplo su uso en calefacción son mas problemáticas, ya que la estacionalidad del sol y la del uso de calefacción son opuestas por lo que en verano se tendría una producción energética que no se podría utilizar. Además, los sistemas convencionales de calefacción por radiadores precisan de unas temperaturas del agua elevadas (90° C) lo que disminuye el rendimiento del sistema solar. en estos casos, la presencia de otro consumo de calor en época de verano puede resolver el problema, como por ejemplo el calentamiento de una piscina.

Actualmente se desarrollan maquinas frigoríficas con ciclos de absorción que permiten, a partir de la energía solar, aire acondicionado.

Es necesario señalar que la característica de estacionalidad del sol implica que a fin de optimizar la inversión, las instalaciones solares se diseñan de modo que produzcan la energía necesaria en los meses de verano, por lo que en invierno, que hay menor radiación no se cubren las necesidades y no se debe prescindir del sistema de producción térmica convencional de la instalación

3.1 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO.

Los elementos que componen un sistema solar térmico (figura 8) básicamente son:

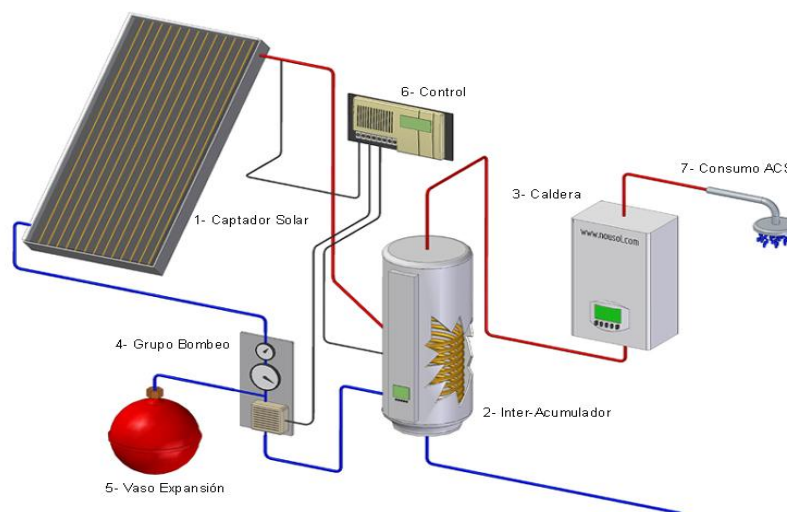


Figura 8. Elementos principales de un sistema solar térmico para la producción de ACS

1. Sistema de captación: Encargado de captar y convertir la radiación solar en energía térmica aumentando la temperatura del fluido de trabajo.

2. Intercambiador de calor y sistema de acumulación: Permite transferir el calor del fluido de trabajo que circula por un circuito primario al agua que hay en el circuito secundario.

Almacena la energía térmica producida en forma de agua para poder utilizarla en periodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción.

3. Sistema de energía convencional: En general, el sistema solar va a permitir sustituir una parte de la energía convencional consumida por la instalación, pero no toda ella, por eso normalmente siempre existe este sistema.

4 y 5. Sistema hidráulico: Permite la circulación de los fluidos por los diferentes circuitos de la instalación.

6. Sistema de control: Encargado del correcto funcionamiento de la instalación dando las ordenes necesarias a las bombas y válvulas para que funcionen según los valores aportados por las diferentes sondas.

3.1.1 Sistema de captación - Captadores solares, conversión fototermica.

La energía solar es energía que llega en forma de fotones siendo su característica principal su longitud de onda.

“Cuanto menor es la longitud de onda mayor es la energía”

La radiación viene del sol en un paquete que tiene diferentes longitudes de onda. La mayor parte de la radiación esta en la longitud de onda que se corresponde con el espectro visible, es decir, es la radiación que se puede ver.

La radiación puede ser de tres maneras diferentes:

Visible: como, por ejemplo, los rayos solares que se pueden ver.

Parte Visible y Parte no visible: como, por ejemplo, las brasas del fuego, se ve la parte de la radiación rojiza y la otra parte se siente por el calor que emite.

No visible: como ocurre con los radiadores de calefacción, que emiten calor pero no radiación visible.

La parte mas importante de la radiación solar esta en el espectro visible. Cuando se hace pasar radiación solar por un cuerpo pueden ocurrir tres cosas:

Absorción: que el cuerpo absorba la radiación, con lo que se pierde energía que se convierte en calor.

Reflexión: que el cuerpo refleje la radiación solar.

Transparencia: que el cuerpo deje pasar la radiación como un cristal, denominándose en este caso al cuerpo transparente.

3.1.1.1 Proceso de conversión

El sistema de conversión de la energía solar en térmica se hace mediante una placa absorbente dispuesta sobre un material aislante y sometido a la radiación solar.

La placa actúa como absorbedor de la radiación (Cuerpo negro) y adquiere una cierta temperatura denominada de equilibrio y, a su vez, emite radiación infrarroja.

“Cuanto mayor sea la capacidad de absorción del material mas energía se captara”

Normalmente, la temperatura de equilibrio de los materiales utilizados en las placas solares esta en torno a los 150° C.

La radiación solar solo consigue modificar el estado de agitación térmica de los componentes moleculares, atómicos y subatómicos del material produciendo aumentos de su energía interna. Si se logra extraer calor de la placa continuamente, se cambia el equilibrio y se estará transmitiendo calor constantemente al fluido.

Hay que tener en cuenta que dado que el sistema de transmisión de calor al fluido se hace por intercambio de calor no se podrán obtener temperaturas superiores a las de equilibrio.

A fin de conseguir el mayor rendimiento de las placas (evitar perdidas) se debe intentar que la placa trabaje a una temperatura baja, por ello la energía solar generada en las placas planas se suele denominar de baja temperatura siendo sus usos adecuados para necesidades no superiores a 70 °C.

En general los materiales utilizados en construcción tienen una temperatura de equilibrio entorno a los 70 °C, temperatura no suficiente, por lo que se suelen elegir metales pulimentados que se cubren con una capa de pintura negra a base de óxidos de cobre, níquel, cromo o titanio para mejorar su capacidad de absorción.

Las perdidas de calor del colector son las que la placa emite al exterior, por lo que en la parte inferior se coloca un material aislante.

Otra manera que se suele hacer es disponer de un vidrio en la parte superior con una pequeña cámara de aire a fin de que en esta se produzca un efecto invernadero,

disminuyendo aun más las pérdidas.

3.1.1.2 Efecto invernadero, Principio de funcionamiento de un captador solar

Un cuerpo puede ser transparente a una determinada longitud de onda y a otra no. Así el vidrio es transparente para longitudes de onda entre 0.3 y 3 μm (radiación visible) mientras que para el resto es un cuerpo opaco. Este hecho da lugar el fenómeno denominado “Efecto invernadero”.

El principio general de funcionamiento de un colector es el llamado efecto invernadero; aquí hay que recalcar que nuestra atmósfera opera como un gran invernadero (figura 9). Como se sabe, cuando la luz pasa a través de una o varias capas de vidrio u otro material transparente se transmite la radiación que tiene una longitud de onda corta. Si en el interior de un sistema con un vidrio perfectamente aislado del exterior se coloca un material pintado de negro (el color que absorbe mayor cantidad de radiación) para que absorba al máximo la radiación, el material absorberá la radiación solar, se calentará y se elevará la temperatura; posteriormente, ese material emitirá a su vez radiación de longitud de onda larga (entre 4.5 y 4.7 μm , radiación infrarroja), como los rayos infrarrojos lejanos a la parte visible del espectro. La radiación emitida dependerá de la temperatura que posea el material.

Pero como la radiación es ahora de longitud de onda larga no podrá atravesar la capa de vidrio (ahora el vidrio se comporta como material opaco), quedará atrapada en el interior y, en consecuencia, provocará que la parte interna del colector esté a una temperatura más elevada que el exterior, tal y como sucede al entrar a un invernadero.

Si en el interior de una caja, con uno de sus lados de vidrio, se coloca una serie de tubos que conduzcan adecuadamente el calor y por los que circule agua, se obtendrá agua calentada por el Sol.

Asimismo, el color que poseen los objetos está directamente relacionado con la absorción, reflexión y transmisión de la radiación solar. Por ejemplo, las hojas son verdes porque de todos los rayos que reciben, únicamente reflejan aquellos cuya

longitud de onda corresponde al color verde; el resto de radiación visible que tiene otras longitudes de onda es absorbida por la hoja. Una hoja de papel blanco, en cambio, refleja la radiación de todas las longitudes de onda que le llegan y por eso la vemos blanca. En contraposición con el blanco, el color negro absorbe todas las longitudes de onda.

En el Libro III de la Óptica, Newton se refiere a dicho fenómeno como sigue: “Acaso la luz no engendra calor en los cuerpos negros con mayor facilidad que con los de otros colores, debido a que al incidir sobre ellos no se refleja hacia afuera, sino que, penetrando en ellos, se refracta y refleja muchas veces en su interior hasta que se absorbe y pierde? (se refiere a la emisión de calor)“.

La combinación del efecto invernadero, la absorción de radiación de los objetos negros y el aislamiento para evitar las pérdidas de calor constituyen los principios físicos fundamentales para comprender el funcionamiento de un colector solar (figura 10).

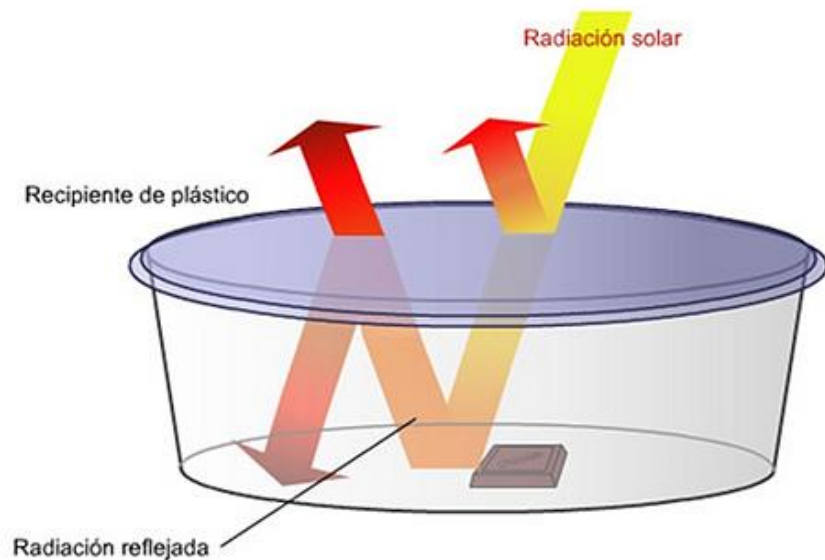


Figura 9. Efecto invernadero

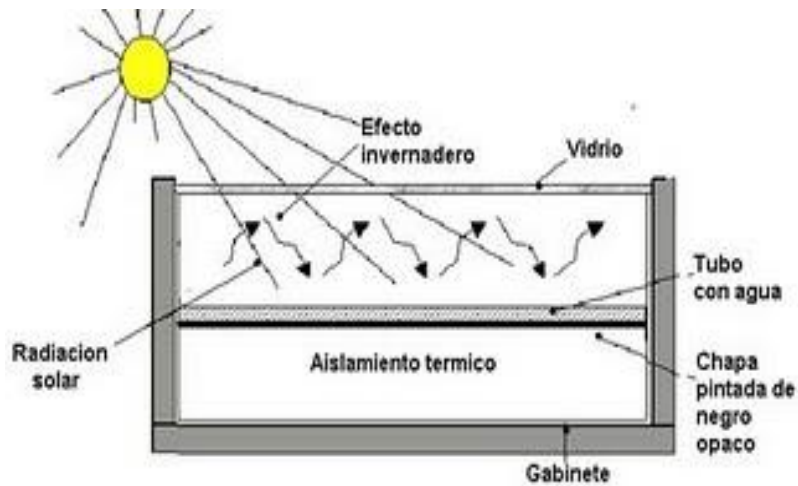


Figura 10. Colector solar y el efecto invernadero.

3.1.1.3 Componentes de un captador solar

El captador solar (figura 11) esta formada por los siguientes componentes:

1. Carcasa o caja
2. Cubierta transparente
3. Superficie absorbedora
4. Aislamiento térmico
5. Tuberías (circuito de fluido térmico)

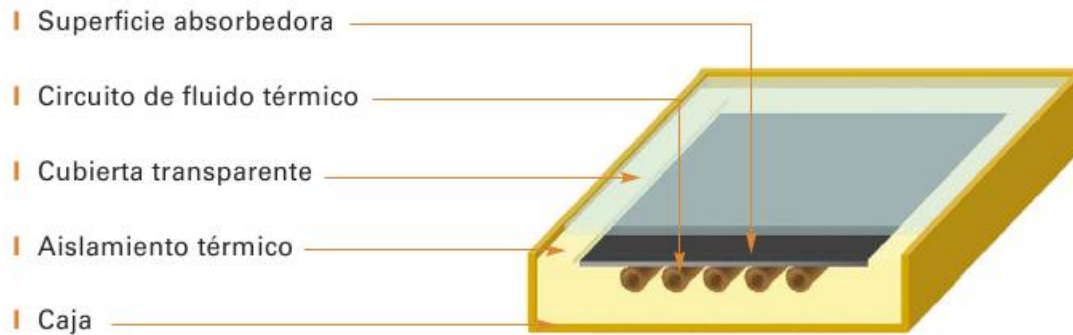


Figura 11. Captador solar

1. Carcasa.

Tiene dos misiones, proteger y soportar todos los elementos del captador y otra estructural para poder adaptarse al edificio o al soporte que sostenga la instalación. Por ello y a fin de conseguir una larga duración se le debe dar rigidez, facilidad de anclaje, resistencia a los cambios de temperatura y resistencia a la corrosión. Además, debe de facilitar la aireación del interior del colector a fin de evitar condensaciones internas. Normalmente también se diseñan para permitir el desmontaje de la cubierta para poder hacer reparaciones y sustituciones.

2. Cubierta Transparente.

Para que la cubierta transparente del captador sea lo mas eficiente posible, ha de:

- Provocar el efecto invernadero.
- Reducir las pérdidas térmicas por convección.
- Asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire.

Para ello, se debe escoger un material que además de ser bueno para producir el efecto invernadero, tenga un coeficiente de dilatación pequeño, así como una buena resistencia mecánica para que no se rompa por viento, el granizo (o la nieve).

Los materiales normalmente utilizados son el vidrio y el plástico

3. Superficie absorbedor.

Recibe la radiación solar, la transforma en calor y la transmite al fluido portador.

Se trata de una placa metálica sobre la que se sueldan o embuten tubos por los que circula el fluido caloportador. Generalmente son de cobre o de aluminio. En los casos de captadores solares sin efecto invernadero se utilizan absorbedores de plástico

El absorbedor lleva un revestimiento que se denomina superficie selectiva y que se caracteriza porque absorbe bien la radiación y emite poca a fin de no tener pérdidas. Esto se consigue con capas de diferentes materiales.

También es importante la transmisión de calor entre el absorbedor y el fluido caloportador. Si los conductos están embebidos esta será mucho mejor. En algunos casos se trata de dos chapas estampadas con la forma del circuito hidráulico marcado en ellas.

4. Aislamiento térmico.

Protege al absorbedor de las pérdidas térmicas en su parte posterior. Existen varios tipos de aislamiento, pero se ha de tener en cuenta que en verano la instalación puede llegar a adquirir temperaturas del orden de 150° C y debe resistirlas.

También debe poder resistir el agua por posibles condensaciones en el captador. Además debe evitarse que pueda producir algún tipo de vapor al calentarse que lo degrade o afecte a la cubierta.

5. Tuberías.

Por ellas circula el fluido con carga térmica y Pueden ser de dos tipos:

- Formados por una parrilla de tubos y dos colectores que constituyen los conductos de distribución (figura 12)

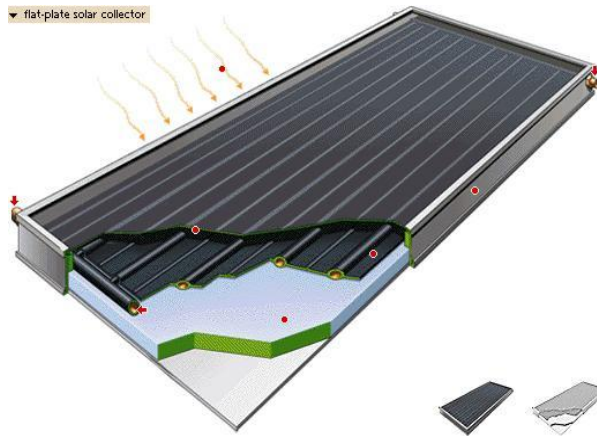


Figura 12. Captador solar de parrilla de tubos

- Formados por un serpentín (figura 13): La distancia de separación entre tuberías paralelas resulta del cálculo de la optimización de transmisión del calor al absorbedor y suele ser entre 10 y 12 cm.

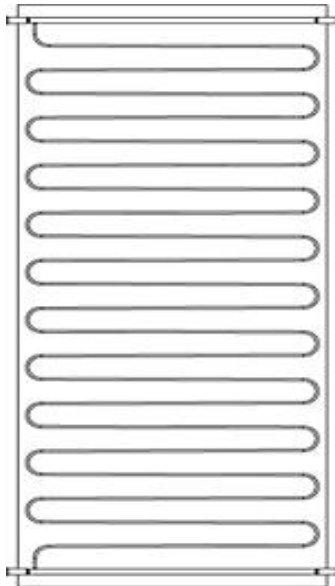


Figura 13. Captador solar formado por un serpentín.

Los tubos deben calcularse para que su pérdida de carga no sea muy elevada y ha de tenerse en cuenta el posible efecto de la corrosión interna. En general utiliza tubos de cobre.

3.1.1.4 Tipos de captadores solares para calentamiento de agua

Los colectores solares pueden ser de dos tipos principales: los de placa plana y los de tubo de vacío.

- **Captador de placa plana**

En los procesos térmicos los colectores de placa plana interceptan la radiación solar en una placa de absorción por la que pasa el llamado fluido portador. Éste, en estado líquido o gaseoso, se calienta al atravesar los canales por transferencia de calor desde la placa de absorción. La energía transferida por el fluido portador, dividida entre la energía solar que incide sobre el colector y expresada en porcentaje, se llama eficiencia instantánea del colector. Los colectores de placa plana tienen, en general, una o más placas coberteras transparentes para intentar minimizar las pérdidas de calor de la placa de absorción en un esfuerzo para maximizar la eficiencia. Son capaces de calentar fluidos portadores hasta 82 °C y obtener entre el 40 y el 80% de eficiencia.

Los colectores de placa plana (figura 12 y 13) se han usado de forma eficaz para calentar agua y para calefacción. En el hemisferio norte se orientan hacia el Sur y en el hemisferio sur hacia el Norte. El ángulo de inclinación óptimo para montar los colectores depende de la latitud. En general, para sistemas que se usan durante todo el año, como los que producen agua caliente, los colectores se inclinan (respecto al plano horizontal) un ángulo igual a los 15° de latitud y se orientan unos 20° latitud Sur o 20° de latitud Norte.

El fluido portador o calo portador puede ser tanto el aire como un líquido (agua o agua mezclada con anticongelante), mientras que un lecho de roca o un tanque aislado sirven como medio de almacenamiento de energía.

Para aplicaciones como el aire acondicionado y la generación central de energía y de calor para cubrir las grandes necesidades industriales, los colectores de placa plana no suministran, en términos generales, fluidos con temperaturas bastante elevadas como

para ser eficaces. Se pueden usar en una primera fase, y después el fluido se trata con medios convencionales de calentamiento.

- **Captadores de tubo de vacío**

La cubierta de vidrio (simple o doble), el tratamiento selectivo de la placa y la evacuación del aire en el interior del colector, son técnicas encaminadas a la reducción de las pérdidas en el colector solar y en consecuencia, a la mejora de su eficiencia. Otra solución es el empleo del vacío, con lo que se reducen mucho las pérdidas.

En la siguiente tabla se muestran valores típicos de los parámetros característicos eficiencia óptima (h_o) y coeficiente general de pérdidas (U_L), así como el rango normal de temperaturas de trabajo para distintos tipos de colectores (tabla 2).

Colector	Rango T (°C)	h_o	U_L (w/°c.m ²)
Sin cubierta	10-40	0.9	15-25
Cubierta simple	10-60	0.8	7
Cubierta doble	10-80	0.65	5
Superficie selectiva	10-80	0.8	5
Tubos de vacío	10-130	0.70	2

Tabla 2. Fuente CENSO LAR (CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA SOLAR)

A la vista de la tabla, se observa que los colectores de vacío (figura 14) encuentran su principal aplicación en los sistemas de temperatura intermedios (sistemas de acondicionamiento de aire, procesos industriales, etc.) y en lugares fríos con diferencias elevadas entre la temperatura del colector y la del ambiente; donde la mejora sustancial del rendimiento del sistema puede compensar el aumento de coste debido a su utilización.

Su reducido coeficiente de pérdidas los hace especialmente aptos para el

aprovechamiento de la radiación difusa, manteniendo un rendimiento aceptable, no solo a mediodía o en días soleados, si no también cuando el sol esta bajo o el tiempo es frío y parcialmente nuboso.

El vacío no solo contribuye a la reducción de perdidas, si no también a minimizar la influencia de las condiciones climáticas (condensación, humedad, etc.) sobre los materiales empleados, evitando su rápido deterioro y mejorando así la durabilidad y el rendimiento global del sistema.

Mediante la aplicación de un vacío “ligero”, entorno a 0.001 atmósferas, se puede conseguir, esencialmente, la eliminación de las perdidas por convección; mientras que es necesario un vacío “fuerte”, inferior a 10^{-6} atmósferas (< 0.1 pascal), si se desean eliminar también las perdidas por conducción.

Debido a la presión atmosférica, que producirá fuerzas muy grandes al aplicarse a toda la superficie de la cubierta y a los problemas técnicos relacionados con el sellado de la carcasa del colector, la construcción de un colector de vacío con la forma de uno convencional de placa plana, entraña gran dificultad.

Además del vacío en los tubos, estos colectores poseen un recubrimiento altamente selectivo de las superficies absorbentes, mejorando todavía mas su rendimiento.



Figura 14. Captador solar de tubo de vacío.

3.1.1.5 Estudio energético de un captador de placa plana

El sol no emite siempre la misma radiación y el funcionamiento de los captadores se ve

afectado por la temperatura ambiente. Además, la temperatura de utilización de la instalación influye en el rendimiento por la dificultad de la transmisión de calor.

El comportamiento de un colector se representa mediante una formula en donde se establece su rendimiento.

La formula debe contemplar las perdidas que hay en el panel en función de su temperatura y de la temperatura ambiente.

De la radiación total que incide sobre el cristal, aproximadamente un 10% se refleja en el mismo y el resto entra en el captador. Esa energía incide sobre el absorbedor que se calienta y transmite el calor al fluido que discurre por los tubos.

La transmisión de calor por radiación del captador es de aproximadamente 8%, mientras que por convección transmite un 12% al aire exterior de la cámara, por conducción solo se transmite el 4% a través del aislamiento inferior hacia el exterior del captador solar.

Es difícil mostrar en una formula el calor de las perdidas porque implica las tres formas de transferencia de calor: radiación, convección y conducción, pero puede utilizarse una formula simple ya que se sabe que las perdidas vienen dadas por la diferencia de temperatura entre la placa y la temperatura ambiente, utilizando un coeficiente global para dichas perdidas U_L se tiene:

$$\text{Calor perdidas} = S * U_L * (T_{placa} - T_{ambiente}) \quad \text{Ecuación 1}$$

La temperatura de la placa es difícil de medir, por lo que se suele tomar la temperatura media del fluido caloportador con lo que no se comete mucho error. Para ello se mide la temperatura a la entrada y a la salida del captador y se calcula su valor medio. Al hacer esto, se debe añadir otro coeficiente a la formula de calor (F_R) que corrige esta diferencia de temperatura, permitiendo utilizar la temperatura del fluido a la entrada.

De forma simplificada la expresión que representa el calor que llega al fluido caloportador y que sería el calor que utiliza el captador es:

$$Calorutil = F_R * S * I * \tau * \alpha - F_R * S * U_L * (T_{fluidoentrada} - T_{ambiente}) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: S = superficie del captador solar
 I = intensidad de la radiación solar
 τ = Transmitancia del captador (radiación reflejada)
 α = absortividad del captador (Radiación absorbida)
 F_R = factor de corrección de temperatura
 U_L = coeficiente global de perdidas

El rendimiento del captador solar se expresa mediante:

$$Rendimiento = \frac{Calorutil}{Calorsolar} \quad \text{Ecuación 3}$$

El Calor solar es el que da el sol sobre el captador y es igual a la intensidad de la radiación por la superficie del captador ($S * I$), por lo tanto la expresión del rendimiento queda:

$$Rendimiento = \frac{S * [F_R * I * \tau * \alpha - F_R * U_L * (T_{fluidoentrada} - T_{ambiente})]}{S * I} \quad \text{Ecuación 4}$$

- Para rendimiento de un colector solar (figura 15) según Normativa INTA 61 00 01 (Pruebas estandarizadas de captadores)

$$\eta = F_R * (\tau * \alpha)_n - \frac{F_R * U_L * (T_{fluidoentrada} - T_{ambiente})}{I} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde: η = rendimiento del captadores
 $F_R * (\tau * \alpha)_n$ = Factor de eficiencia óptica

$F_R \cdot U_L$ = coeficiente global de perdidas

- Para rendimiento de una captador según ensayo Europeo (figura 16)

$$h_A = h_{0A} - a_{1A} \cdot \frac{(T_e - T_m)}{G} - a_{2A} \cdot \frac{(T_e - T_m)^2}{G^2} \quad \text{Ecuación 6}$$

Estas ecuaciones se representan mediante gráficas que describen el comportamiento del captador según las temperaturas de uso, estas curvas son llamadas: Curva característica del captador (figura 15).

CURVA DE RENDIMIENTO ESTACIONARIO DEL COLECTOR:

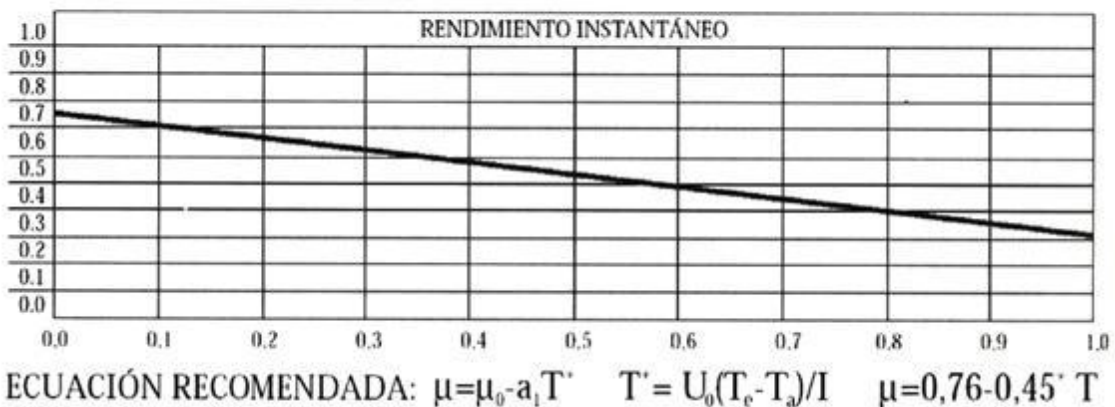


Figura 15. Curvas características de los colectores de placa plana

Rendimiento óptico	(h_{0A})	0.78
Coefficiente pérdida de calor K1	(a_{1A})	4.39 W/m ² K
Coefficiente pérdida de calor K2	(a_{2A})	0,01 W/m ² K ²

$$h_A = h_{0A} - a_{1A} \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right) - a_{2A} G \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$$



Figura 16. Curva característica del captador según ensayo Europeo

3.1.1.6 Fluidos calo portadores

El fluido que circulara por el circuito primario será una mezcla de agua con anticongelante, con una proporción tal que permita eliminar el riesgo de congelación en el interior de las tuberías.

La siguiente gráfica proporciona información acerca de las temperaturas de congelación en función de la concentración de anticongelante.

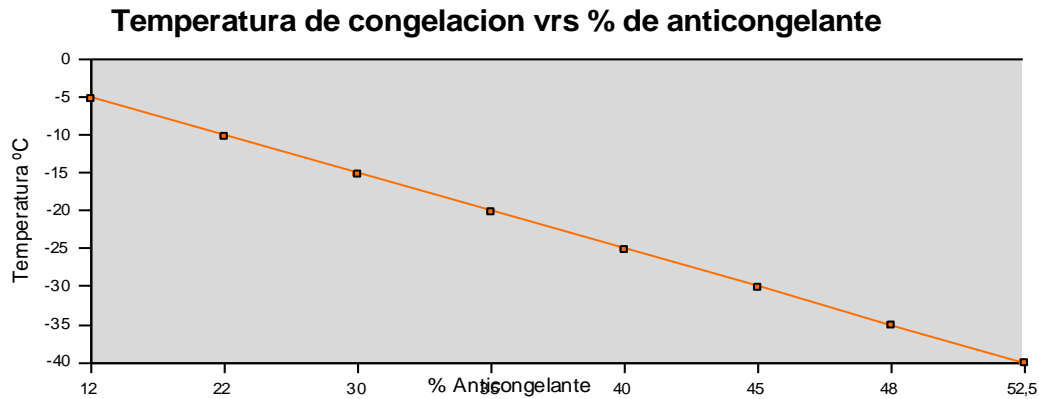


Figura 17. Temperatura de congelación del fluido calo portador (Etilenglicol) en función del % de anticongelante

3.1.2 Intercambiador de calor y sistema de acumulación

3.1.2.1 Sistema de intercambio de calor

Cuando se mezclan dos fluidos que están a diferentes temperaturas, se produce un intercambio de calor y la mezcla alcanza una temperatura intermedia.

Con un intercambiador se trata de conseguir el mismo efecto pero sin que los fluidos lleguen a mezclarse.

El intercambiador mas sencillo se puede realizar dividiendo un depósito mediante una pared estanca que transmita fácilmente el calor.

El intercambio de energía que se va a producir será directamente proporcional a la superficie de intercambio y a la diferencia de temperatura entre ambas caras. A mayor superficie mayor intercambio y a mayor diferencia de temperatura mayor potencia.

Lógicamente también influye el coeficiente de transmisión K (tabla 3) del material de la pared y su espesor, quedando por tanto, en el caso más general la expresión de la transferencia de potencia de un intercambiador de placa plana por conducción, de la siguiente manera:

$$Q = k \cdot \frac{S \cdot (T_c - T_f)}{e} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde: Q = potencia del intercambiador
 K = coeficiente de transmisión
 S = superficie de intercambio
 T_c = temperatura cara mas caliente
 T_F = temperatura cara mas fría
 e = espesor

Coeficiente de transmisión	
Material	Coeficiente (W/m °C)
cobre	372
Acero	46
Ladrillo	0,46
Corcho	0,0046

Tabla 3: Coeficiente de transmisión de diferentes materiales

3.1.2.1.1 Efectividad de un Intercambiador de calor

La efectividad de un Intercambiador de calor E_I se define como la relación entre la cantidad de calor real transmitida (Q) y la máxima transmisión de calor posible (Q_{max}).

$$E = \frac{Q}{Q_{max}} \quad \text{Ecuación 8}$$

En un Intercambiador de calor, se tienen dos circuitos por donde circulan los fluidos (figura 18), uno que cede calor y otro que lo recibe:

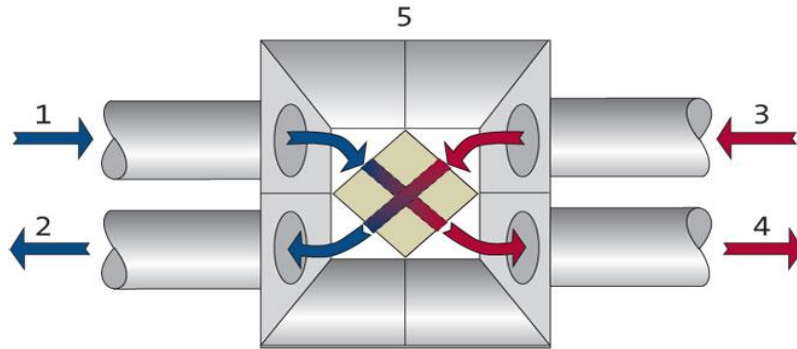


Figura 18. Esquema de un Intercambiador de calor

Siendo: t_1 = temperatura de entrada del fluido del circuito primario
 t_2 = temperatura de salida del fluido del circuito primario
 t_3 = temperatura de entrada del fluido del circuito secundario
 t_4 = temperatura de salida del fluido del circuito secundario

Se llama primario a la parte con mayor temperatura del sistema de intercambio y secundario a la de menor temperatura, la que absorbe el calor.

La cantidad de calor transmitida entre ambos fluidos, en condiciones ideales es:

$$Q = C_1 * C_{e1} * (t_1 - t_2) = C_2 * C_{e2} * (t_4 - t_3) \quad \text{Ecuación 9}$$

Siendo: C_1 = caudal circuito primario
 C_2 = caudal circuito secundario
 C_{e1} = calor específico del fluido del circuito primario
 C_{e2} = calor específico del fluido del circuito secundario

En función del caudal másico (m) y del calor específico en los circuitos primario y secundario, puede determinarse la eficiencia del intercambiador.

Si $m_p.C_{e1} \leq m_s.C_{e2}$ entonces la efectividad del Intercambiador E será:

$$E = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_3} \quad \text{Ecuación 10}$$

En el caso de las instalaciones solares térmicas en regiones muy frías, el fluido primario es una solución que contiene anticongelante, que tiene un menor calor específico que el del circuito secundario que es agua.

Como referencia el valor de E para una instalación de uso constante durante todo el año puede considerarse de 0,7

3.1.2.1.2 Tipos de Intercambiadores de calor

Todas las instalaciones solares disponen en su configuración de un sistema de intercambio de calor entre el agua calentada en los captadores solares y que se almacena en el depósito de acumulación. Incluso se puede utilizar en el circuito de consumo un segundo Intercambiador de modo que se forme un circuito terciario.

En la práctica, los sistemas de intercambio adoptan formas con la mayor superficie posible respecto al volumen contenido. Partiendo desde los sistemas más sencillos se tienen:

- a) Intercambiador de tubos con concéntricos
- b) Intercambiador de haz tubular y serpentín
- c) Intercambiador de doble pared
- d) Intercambiador de placas

a) Intercambiador de tubos concéntricos

Consta de dos o más tubos concéntricos. Por el central circula el fluido primario y por el otro el secundario (figura 19).

Los tubos con céntricos están unidos entre si y además hacemos circular un fluido por el interior de los tubos, mientras que un segundo fluido está bañando a los tubos con lo que el intercambio de calor es más efectivo.

Los tubos están formados por materiales metálicos, pero si queremos transportar fluidos corrosivos se sustituyen por materiales plásticos polifluorados.

Los tubos se sustituyen por superficies planas con rugosidades cuando se pueden formar precipitados.

En este tipo de Intercambiador el flujo del fluido a de ser a contracorriente para poder conseguir la mayor temperatura en el fluido secundario.

Para establecer la circulación a contracorriente, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de este tipo de Intercambiador, la disposición usual es:

Circuito primario: entrada en la parte inferior y salida por el lado contrario de la superficie de intercambio.

Circuito secundario: entrada en la parte inferior en el lado de salida del circuito primario y salida por el lado superior de la entrada del circuito primario.

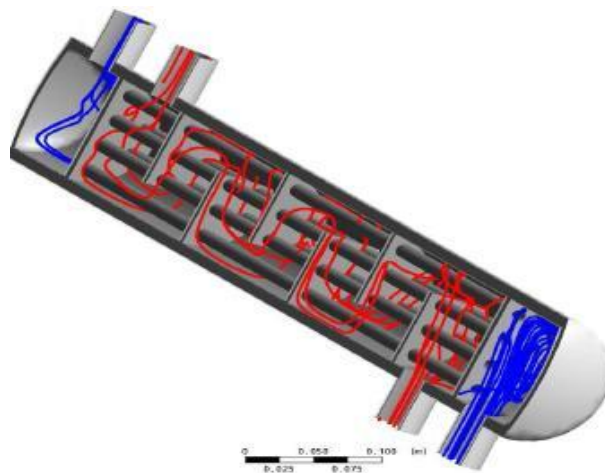


Figura 19. Intercambiador de tubos concéntricos

b) Intercambiador de haz tubular y serpentín

Cuando se emplean tubos para el intercambio de potencias grandes, estos han de curvarse en espiral formando los denominados serpentines para tener una gran longitud de tubo en un reducido espacio, ya que una mayor longitud de tubo aumenta la superficie de intercambio.

La ubicación idónea del serpentín es la parte mas baja del deposito que se desea calentar por ser la parte mas fría del mismo, así, la diferencia de temperatura entre el agua calentada por los captadores solares y el agua fría del deposito será mayor y con ello la potencia se mejora.



Figura 20. Intercambiador de haz tubular

d) Intercambiador de placas

Para evitar tener que emplear equipos muy voluminosos se utilizan los intercambiadores de placas (figura 21), que están formados por varias placas apiladas por las que alternativamente circulan a contracorriente los fluidos de los circuitos primario y secundario, realizándose así la transferencia de calor por ambas caras, sin llegar a mezclarse los fluidos de ambos circuitos en ningún momento.

Este tipo de intercambiadores es usual en las instalaciones medianas y grandes,

cuando se desea calentar fluidos en circulación.

Para conseguir una superficie de intercambio con un sistema tubular equivalente, a la que se obtendría con uno de placas, sería necesaria una longitud de tubo muy grande. Esto es debido a que las placas se estampan con ondulaciones para aumentar la superficie y a que el agua circula con turbulencia tanto en el primario como en el secundario, no siendo necesario confiar en la convención que precisan los haces tubulares en el exterior.

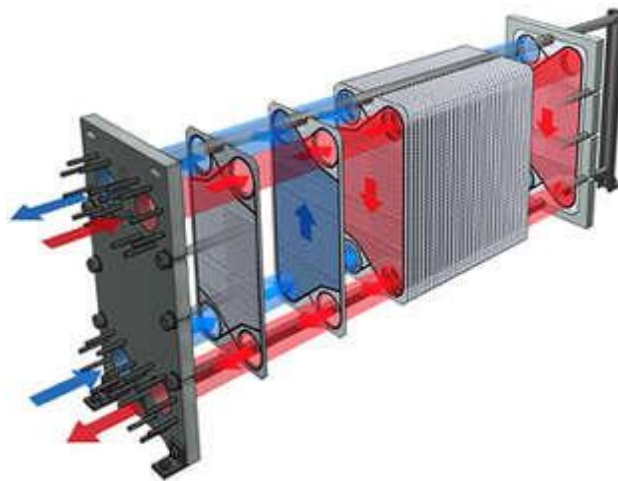


Figura 21. Intercambiador de placas

3.1.2.2 Sistema de acumulación

Los depósitos de acumulación de ACS pueden ser de dos tipos según contengan o no en su interior al Intercambiador.:

- a) Interacumuladores
- b) Acumuladores

La característica más importante para su selección es el material con el que están fabricados, de acuerdo a esto existiendo tres tipos fundamentales:

Acero Inoxidable.

Acero con tratamientos especiales, los más habituales con resinas epoxi.

Acero con esmalte vitrificado, generalmente para pequeños volúmenes.

Otros aspectos básicos para su selección son la presión y la temperatura de trabajo. Atendiendo a los requisitos de presión a garantizar en los puntos de consumo establecidos en el documento HE 4 la presión mínima de trabajo debe ser de 6 bar, siendo recomendable 8 bar.

En cuanto a la temperatura de trabajo, atendiendo a los requisitos de prevención de la legionelosis, la misma no deberá ser inferior a 70 °C.

Los depósitos deben disponer de las siguientes conexiones:

- Entrada de agua de consumo con un deflector que la dirija hacia la parte inferior del depósito, de manera que se reduzca la zona de mezcla favoreciendo la estratificación del agua en su interior.
- Salida del ACS hacia consumo, situada en la parte superior del depósito.
- Vaciado en la parte inferior para la purga de lodos y para la toma de muestras para los análisis de legionela.
- Registro para limpieza; para capacidades inferiores a 750 l se admiten tamaños de registro que permitan la limpieza interior manual; para capacidades superiores el tamaño mínimo del registro será DN 400, también denominado “Boca de Hombre” ya que permiten el acceso de una persona a su interior.
- Tomas para la conexión de los sistemas de producción, bien con intercambiadores exteriores de placas, o bien con serpentines interiores; estos últimos habitualmente tienen su acceso por la Boca de Hombre, a través de la cual pueden ser extraídos.
- Se requieren otras **conexiones para sondas de** regulación, termómetros, válvula de seguridad, re circulación de ACS, etc.
- Asimismo, por tratarse de equipos metálicos con riesgo de corrosión, suelen

incorporar la posibilidad de protecciones catódicas.

a) Interacumulador

Es aquel que alberga el Intercambiador de calor en su interior (figura 22). Puede estar dotado de un serpentín o varios.



Figura 22. Interacumulador solar

b) Acumuladores

Únicamente almacenan el ACS, por lo que requieren un Intercambiador exterior (figura 23) y una bomba que haga circular el agua a calentar entre el depósito y el Intercambiador.



Figura 23. Acumulador solar de ACS

3.1.3 Sistema de energía convencional

La contribución energética de una instalación solar térmica a la demanda depende de la cantidad de radiación solar que el captador reciba, por lo que no siempre es posible ajustar en el tiempo la producción con la demanda.

Para intentar paliar este problema se acumula la energía captada, en forma de agua caliente, en depósitos hasta su posterior consumo.

Dado que aun así, no siempre es posible almacenar agua en cantidad suficiente o a la temperatura necesaria para su consumo, estas instalaciones siempre deben contar con un generador térmico conectado de tal forma que cuando no es posible aportar mediante el sistema solar suficiente energía para satisfacer los consumos de, este aporte la energía restante.

A este generador térmico se le suele llamar sistema de apoyo convencional y es el que se necesita para el funcionamiento normal de la instalación, incluso sin el funcionamiento de la energía solar térmica.

La figura 24 muestra un tipo de caldera que se utiliza con frecuencia en los sistemas de apoyo de energía convencional.



Figura 24. Sistema de apoyo convencional con caldera

3.1.4 Redes o Sistema hidráulico

Los elementos principales que forman una instalación térmica están unidos entre si por una serie de conductos con el fin de hacer llegar los fluidos que manejan y en consecuencia su energía.

Además de los conductos, hay una serie de elementos que también tienen su importancia a la hora de garantizar un correcto funcionamiento de la instalación o para proporcionar las condiciones de seguridad adecuadas.

Las redes hidráulicas unen dos distintos elementos de una instalación térmica y están constituidas por:

a) Válvulas de regulación

Para la regulación de las temperaturas de ACS se emplean dos tipos de válvulas:

- Motorizadas.
- Termostáticas.

En ambos casos el cuerpo de la válvula debe estar diseñado para trabajar con agua de consumo, siendo los materiales más habituales acero inoxidable, bronce o aleaciones especiales.

- Válvulas motorizadas

Son válvulas de tres vías (acumulación, agua fría, distribución de ACS) que actúan mediante servomotores proporcionales comandados por reguladores que reciben las señales de las sondas de temperatura.

Considerando las variaciones tan importantes que se producen en las demandas de ACS, deben ser de respuesta muy rápida.

- Válvulas termostáticas

Funcionan directamente mediante un elemento sensible a la temperatura que las posiciona de manera continua.

Existen dos tipos, las diseñadas para colocar a la salida de los depósitos de acumulación, que son válvulas de 4 vías: las tres correspondientes a las motorizadas (acumulación, agua fría y ACS) y una cuarta vía en la que se conecta la re circulación; el caudal de re circulación mantiene a la válvula continuamente en actuación y facilita la adecuación a las condiciones de demandas variables.

Los propios fabricantes especifican cuál es el caudal mínimo de re circulación para mantener la válvula activa (figura 25), que como mínimo suele ser el 10% del caudal nominal.

Otro tipo de válvulas termostáticas están diseñadas para su ubicación próxima a los puntos de consumo siendo exclusivamente de tres vías, no admitiendo la re circulación.

Por último se han diseñado válvulas termostáticas de dos vías para instalar exclusivamente en montantes de re circulación, que reducen el caudal al necesario para mantener las temperaturas de consigna en los mismos.



Figura 25. Válvulas termostáticas.

b) Bombas de circulación

En las instalaciones de ACS se emplean bombas en el circuito primario (figura 26) para transferir el calor desde el circuito de calderas hasta el de agua de consumo; bombas de secundario cuando la producción se realiza por acumulación con intercambiadores externos, y bombas de recirculación para la circulación del agua por todo el edificio.

El circuito primario es un circuito cerrado en el cual el agua tiene muy poca agresividad, ya que tras las primeras purgas se le elimina el oxígeno disuelto y habitualmente es un circuito que solo recibe agua nueva en las reparaciones o reposiciones de fugas.

Sin embargo, los circuitos secundarios y de recirculación son circuitos abiertos, en los que se está recibiendo de manera continua agua de consumo, la cual es mucho más agresiva con los materiales constitutivos de las instalaciones, además los materiales en contacto con esa agua no deben modificar su potabilidad.

Estos aspectos se tendrán en cuenta a la hora de seleccionar los equipos, todos los fabricantes de bombas en sus catálogos especifican las apropiadas para estos servicios, siendo las más adecuadas las de bronce o acero inoxidable.

Para los caudales necesarios en estas instalaciones, las bombas más habituales son las de rotor húmedo; si bien considerando que a altas temperaturas se aceleran las precipitaciones calcáreas, cada vez se están aplicando bombas más pequeñas de rotor seco.



Figura 26. Bomba de circulación de fluido

c) Contadores

En las instalaciones centrales de ACS se requieren contadores en la entrada general de agua fría, para control del consumo general y contadores individuales de ACS en los edificios en los que haya diferentes usuarios, como los de viviendas. Los contadores deberán estar homologados.

d) Tuberías

Al seleccionar las tuberías apropiadas para una determinada aplicación hay que tener en cuenta que realmente se trata de sistemas compuestos por:

- Conductos.
 - Uniones.
 - Accesorios.
 - Aislamiento.
-
- **Conductos**

Son el componente fundamental, para su selección se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1º Compatibilidad con el fluido: En primer lugar se cuidará que el material con el que están fabricadas sea compatible con el fluido a transportar, por lo que no afectarán a su composición ni producirán reacciones con el mismo.

Los componentes del sistema de tuberías no deben modificar las características de potabilidad del agua, no debe olvidarse que aunque el ACS no se beba sí está en contacto con las personas, por lo que el documento básico HE 4 indica expresamente que el ACS debe considerarse agua de consumo humano.

Las tuberías que se pueden emplear en estas instalaciones son las indicadas en el documento HE 4 del CTE.

En la recepción del material en obra siempre se deberá comprobar el correcto marcado de las tuberías según la norma correspondiente.

Los materiales a emplear podrán ser:

Metálicos:

Acero galvanizado, UNE-EN 10.255 serie M (solo en agua fría).

Acero inoxidable, UNE-EN 10.312

Cobre, UNE-EN 1.057.

Termo plásticos:

Policloruro de vinilo no plastificado (PVC), UNE-EN 1.452.

Policloruro de vinilo clorado (PVC-C), UNE- Mantenimiento EN ISO 15.877.

Polietileno (PE), UNE-EN 12.201.

Polietileno reticulado (PE-X), UNE-EN ISO 15.875.

Polibutileno (PB), UNE-EN ISO 15.876.

Polipropileno (PP) UNE-EN ISO 15.874.

Quedan prohibidos expresamente los tubos aluminio y aquellos cuya composición contenga plomo.

2º Presión de trabajo: Las tuberías deben ser capaces de soportar la presión de trabajo en su instalación.

En el campo de aplicación del ACS los metales, con la excepción del galvanizado, no presentan problemas de temperatura ni de presión.

Los termo plásticos, sin embargo, cuanto mayor es la temperatura de trabajo menor presión soportan, por lo que al seleccionar el material hay que tener en cuenta los dos criterios.

3º Temperatura de trabajo: las tuberías deben mantenerse estables con las temperaturas de trabajo de las instalaciones.

El material empleado en las tuberías debe soportar las temperaturas de trabajo de la instalación; para prevención de la legionelosis deben ser capaces de soportar periódicamente 70 °C, siendo las temperaturas habituales superiores a 50 °C.

Respecto al acero galvanizado, aunque se admite se prohíbe expresamente para temperaturas superiores a 60 °C, que periódicamente se van a presentar en las instalaciones.

- **Accesorios y uniones**

Cumplirán las mismas características que las propias tuberías; en ocasiones las condiciones de trabajo están limitadas por las uniones o accesorios y no por las tuberías.

- **aislamiento térmico**

Uno de los aspectos más importantes de las instalaciones centrales de ACS es el aislamiento térmico; no debe olvidarse que se trata de instalaciones que funcionan durante todo el año, y aunque las temperaturas de distribución puedan ser inferiores siempre presentar pérdidas de calor.

Asimismo, para la prevención de la legionelosis se utilizan en la actualidad temperaturas más altas, lo que implica mayores necesidades de aislamiento; además, cuanto mayor sea el mismo menos problemas se tendrán para mantener las temperaturas necesarias en los puntos más alejados.

Otro aspecto del aislamiento térmico que no debe olvidarse es el de las tuberías de agua fría cuando las mismas discurren próximas a las de ACS.

En la IT 1.2.4.2.1.2 del RITE se especifica el aislamiento térmico para las instalaciones de ACS; los espesores mínimos son los que se dan en Tablas.

e) Vaso de expansión

En circuitos por donde circulen fluidos a temperaturas que varían en función del tiempo, se producirán cambios en el volumen del fluido de trabajo, por lo que será necesario absorber la dilatación del mismo mediante un sistema de expansión.

Estos vasos de expansión pueden ser:

Abiertos: Empleados en instalaciones en circuito abierto a la atmósfera. Normalmente se ubican en el lugar mas elevado y adicional mente pueden servir de sistema de alimentación y purga.

Cerrado: Se emplean cuando la instalación es un circuito cerrado a la atmósfera y por lo tanto, la presión en su interior puede ser superior a la atmosférica.

Se trata de un recipiente cerrado (figura 27) que esta formado por dos volúmenes separados por una membrana de caucho. Uno de los volúmenes contiene el fluido que circula por la red hidráulica a la que se conecta, mientras que el otro contiene gas nitrógeno. cuando el fluido se dilata empuja la membrana de caucho que a su vez comprime el gas, restableciéndose las condiciones iniciales.

Los vasos de expansión se colocaran preferentemente en la aspiración de la bomba de circulación.



Figura 27. Vaso de expansión

3.1.5 Sistema de control

El objetivo de sistema de control es regular un equipo para mantener una magnitud regulada en un determinado valor a lo largo del tiempo.

La regulación gobierna una serie de actuadores basándose en la información que le unos sensores encargados de medir una serie de parámetros que varían con la evolución del sistema y su comparación con unos valores de consigna preestablecidos correspondientes a un funcionamiento normal del sistema a regular.

Los elementos integrantes del sistema de control son:

- Sondas de temperatura
- Servomotores o válvulas (válvulas motorizadas y termostaticas mencionadas en el apartado 3.1.4)
- controladores

Las figuras siguientes (figura 28 y 29) muestran cada uno de los elementos de un sistema de control.



Figura 28. Sonda de temperatura



Figura 29. Centralita de control.

4.0 EL MÉTODO F-CHART

El método de cálculo F-CHART, es un método desarrollado a principios de los años 70, reconocido por físicos, ingenieros y diseñadores y todo el sector de la energía solar térmica. Con esta herramienta se puede estudiar el comportamiento energético de un pre dimensionamiento de una instalación, para comprobar si cumple con las condiciones inicialmente establecidas.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos y es preferentemente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios mediante captadores solares planos.

Este método consiste en identificar variables a las que se les asigna un valor determinado y realizar un ensayo de la instalación con el objetivo de conocer sus prestaciones en estas condiciones. La reiteración de estos cálculos da lugar al correcto dimensionado de la misma.

Dicho cálculo puede realizarse mediante gráficas, las llamadas gráficas f, o bien mediante el empleo de software específicos.

La ecuación utilizada en este método es la siguiente:

$$f = 1,029.D_1 - 0,065.D_2 - 0,245.D_1^2 + 0,0018.D_2^2 + 0,0215.D_1^3 \quad \text{Ecuación 11}$$

con los valores limite: $0 < D_1 < 3$
 $0 < D_2 < 18$

El valor de **f** representa la relación entre la energía aportada por el sistema solar térmico y la demanda energética relativa al consumo de ACS. Generalmente se calcula de forma mensual.

La energía aportada por el sistema solar térmico será entonces:

$$Q_{util} = Q_{ACS} * f \quad \text{Ecuación 12}$$

4.1 Calculo del parámetro D_1

El parámetro D_1 expresa la relación entre la energía absorbida por el captador y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes.

$$D_1 = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{carga calorífica mensual}} = \frac{Q_a}{Q_{ACS}} \quad \text{Ecuación 13}$$

La energía absorbida por el captador Q_a , durante un periodo de tiempo de un mes, viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_a = S_c \cdot F_r' \cdot (\tau\alpha) \cdot R_l \cdot n \quad \text{Ecuación 14}$$

Siendo: Q_{ACS} = necesidades energéticas KJ/mes

Sc = superficie de captación (m²)

RI = radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área KJ/m². día

n = numero de días del mes

F'_r.(τα)_n = factor adimensional, que se calcula por:

$$F'_r(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)_n \cdot \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \cdot \left(\frac{F'_r}{F_r} \right) \quad \text{Ecuación 15}$$

Siendo: F_r.(τα)_n = factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador

$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$ = modificador del angulo de incidencia, en general se puede

tomar los siguientes valores: 0,96 para captadores con superficie transparente sencilla y 0,94 para captadores con superficie transparente doble.

$\left(\frac{F'_r}{F_r} \right)$ = factor de corrección del conjunto captador-intercambiador,

se recomienda tomar el valor de 0,95.

4.2 Calculo del parámetro D₂

El parámetro D₂ expresa la relación entre las perdidas de energía en el captador solar, para una determinada temperatura y la carga calorífica de calentamiento durante un mes.

$$D_2 = \frac{\text{Energia perdida por el captador}}{\text{carga calorifica mensual}} = \frac{Q_p}{Q_{ACS}} \quad \text{Ecuación 16}$$

La energía perdida por el captador Q_p viene dada por la siguiente expresión

$$Q_p = S_c \cdot F_r' \cdot U_L \cdot (100 - t_a) \cdot \Delta t \cdot k_1 \cdot k_2 \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde: S_c = superficie de captación (m^2)

$$F_r' \cdot U_L = F_r \cdot U_L \cdot \left(\frac{F_r'}{F_r} \right)$$

$F_r \cdot U_L$ = coeficiente global de pérdidas del captador $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

t_{amb} = temperatura media mensual del ambiente.

Δt = periodo de tiempo considerado en segundos (s).

El factor de corrección por almacenamiento K_1 y el factor de corrección de la relación factor de corrección de relación de $t_{ACS}, t_{mred}, t_{amb}$ K_2 se calculan de la siguiente manera:

$$k_1 = \left(\frac{\text{kg de acumulacion}}{75 \cdot S_c} \right)^{-0.25} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$k_2 = \frac{(11,6 + 1,18 \cdot t_{ACS} + 3,86 \cdot t_{mred} - 2,32 \cdot t_{amb})}{(100 - t_{amb})} \quad \text{Ecuación 19}$$

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operara para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la cargas caloríficas o necesidades de calor, determinara la cobertura solar anual del sistema diseñado.

$$\text{Coberturasolaranual} = \frac{\text{Suma } Q_{util} \text{ delos 12 meses del año}}{\text{suma } Q_{ACS} \text{ delos 12 meses del año}} \quad \text{Ecuación 20}$$

La secuencia para el cálculo es la siguiente:

- a)** Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de ACS
- b)** Valoración de la radiación solar incidente en el plano de captación
- c)** Calculo del parámetro D_1
- d)** Calculo del parámetro D_2
- e)** Determinación del valor de f
- f)** Valoración de la cobertura solar mensual
- g)** Valoración de la cobertura solar mensual y formación de tablas.

Si el valor de f se aproxima suficientemente al valor supuesto inicialmente cuando se supone un valor de cobertura para el sistema solar, entonces no hace falta rehacer los cálculos.

En el caso que el valor supuesto difiera notablemente con el valor de f obtenido, se volverá a calcular con otros valores de superficie de captación, volumen de acumulación, eficiencia del intercambiador, caudales de la instalación, etc, hasta que el valor inicialmente supuesto se aproxime al obtenido mediante el calculo.

5.0 DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO EN LA CIUDAD DE SAN SALVADOR

5. 1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

5.1.1 Descripción de la instalación deportiva

El complejo deportivo esta situado en la ciudad de San Salvador (figura 30 y 31) capital de El Salvador, a una altura respecto al nivel del mar de 682 m, y su orientación tomando de referencia la entrada principal es hacia el sur geográfico.

Dicho complejo deportivo se distribuye en dos niveles, el primer nivel es por donde se accede al complejo del recinto, el segundo nivel es para acceder a las gradas del palco y sobre este nivel se encuentra la azotea, que es el lugar donde se alojaran las placas o colectores solares.

Al lado oeste del complejo se encuentra un campo de fútbol

La distribución del complejo se describe en el siguiente cuadro (ver anexo 8.3):

Primer nivel	<ul style="list-style-type: none">● Vestuarios aseos - masculinos (parte oeste).● Vestuarios aseos - femeninos (parte este).● 5 baños - hombres.● 5 baños - mujeres.● Cancha de baloncesto.● Aulas comunes – diferentes disciplinas (parte norte).● Circulación distribución y escaleras.
Segundo nivel	<ul style="list-style-type: none">● Tribuna.● Circulación, distribución y escaleras.● Terraza

Tabla 4: Distribución del complejo deportivo

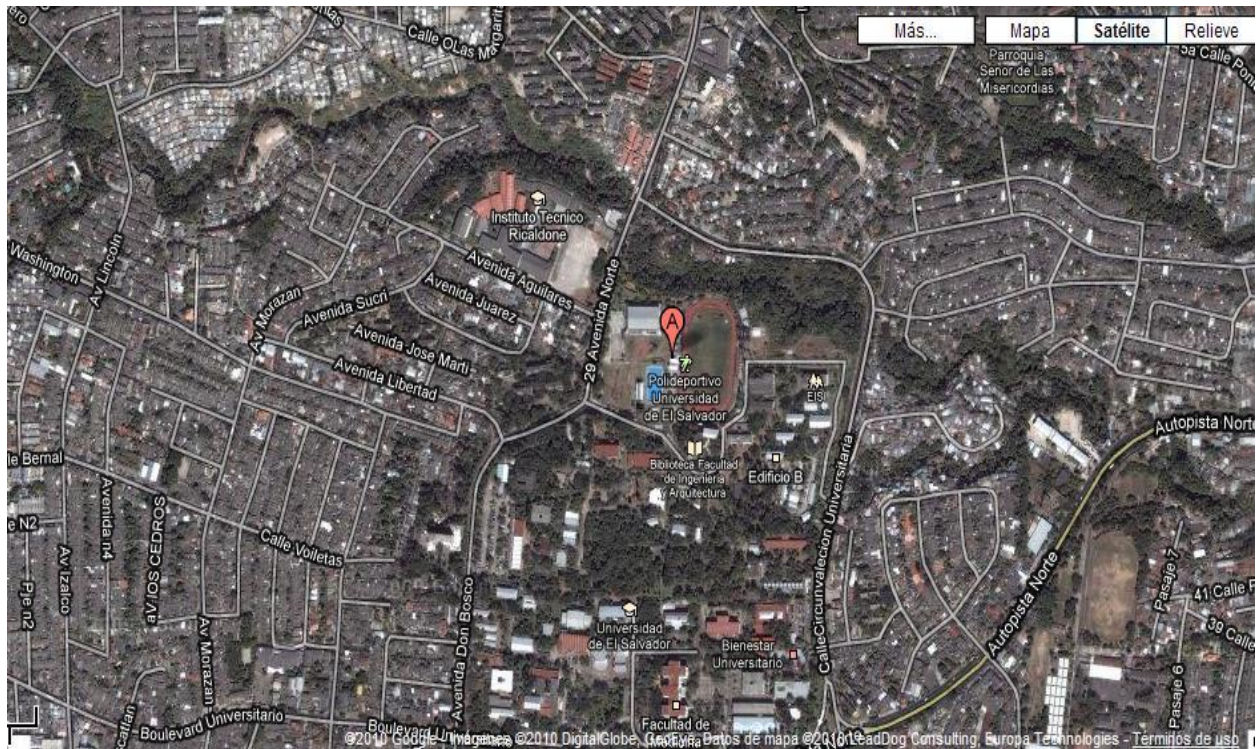


Figura 30. Ubicación del complejo deportivo en la ciudad de San Salvador



Figura 31. Polideportivo de la Universidad de El Salvador

5.1.2 Descripción de la instalación solar térmica

- Temperatura de ACS a utilizar de 45° C (temperatura del acumulador final)
- Pabellón con vestuarios y duchas colectivas.
- Se diseñara una instalación solar tomando en consideración un numero de duchas diarias igual a 150.
- Las duchas están distribuidas para hombres y mujeres.
- La instalación solar térmica incluirá un sistema de apoyo con caldera de gas.
- La radiación media anual del lugar de estudio (San Salvador, El Salvador) se encuentra en el valor de $5 \text{ kWh/m}^2 - 6.5 \text{ kWh/m}^2$ la cual se asemeja a la zona climática v de España (ver anexo 8.1 parte 3.1.2).
- Zona climática que se tomara de referencia para realizar el proyecto en cuestión es la zona V, mientras no exista en El Salvador un mapa climático y además carezca de reglamentos aplicables a las instalaciones solares, quedara a criterio del proyectista la aplicación del Código Técnico de la Edificación (CTE), documento técnico reconocido por el “Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios” (RITE), existente y de aplicación en España y que se tomara como apoyo para ser adaptado en El Salvador y poder realizar el proyecto de energía solar térmica en cuestión.

Debe mencionarse el hecho de que El Salvador por ser un país relativamente pequeño el nivel de radiación incidente sobre su superficie es aproximadamente el mismo en toda su extensión territorial, de manera que es aplicable sin ningún problema únicamente la zona climática v que se identifica en España con una radiación solar igual o mayor a 5 kWh/m^2 .

5.2 CÁLCULOS JUSTIFICABLES

5.2.1 Demanda

Como se ha descrito con anterioridad el número de duchas a considerar es de 150 diarias, cantidad que nos ayudara a determinar la masa de agua caliente sanitaria que hay que producir en kg/mes, necesaria para satisfacer este consumo de ACS.

La temperatura demandada para la utilización de ACS es de 45° C (temperatura del acumulador final).

5.2.2 Consumo diario de ACS según el CTE

El consumo diario de ACS en litros/día para vestuarios/duchas colectivas es de 15 lt/día por servicio a una temperatura del acumulador de 60° C en el caso general (fuente energética de apoyo a gas), según el CTE en su documento básico HE de ahorro de energía, apartado HE 4: Contribución solar mínima de ACS.

5.2.3 Zona climática de trabajo.

La zona climática de trabajo que será tomada como referencia para la realización de los cálculos del proyecto es la zona V (según anexo 8.1 parte 3.1.2).

5.2.4 Diagrama de principio

De los diferentes tipos de instalaciones solares térmicas en función de que sean individuales o colectivas se escogerá la “Instalación individual con caldera en paralelo”, con el aporte del sistema de apoyo de energía convencional conectado en un segundo depósito en serie con el interacumulador, por las razones siguientes:

Cuando el agua disponible en el depósito solar no alcanza la temperatura deseada por el usuario, un segundo intercambiador alimentado por una caldera eleva la temperatura

hasta el punto de confort. El aporte de la caldera se puede realizar en un segundo intercambiador situado en la parte alta del depósito solar.

El aporte del sistema de apoyo se realiza en un depósito adicional conectado en serie con el interacumulador solar (figura 32).

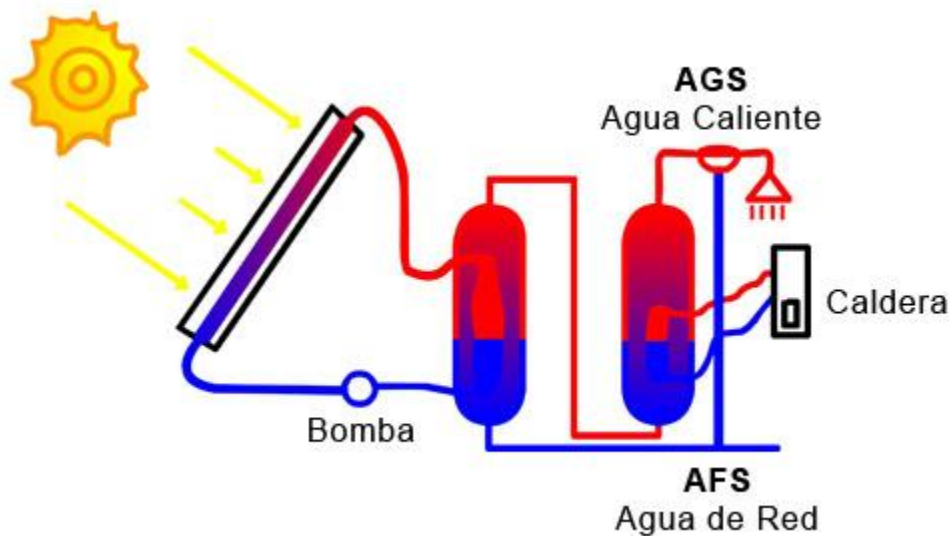


Figura 32. Diagrama de principio del sistema solar térmico que se diseña.

Se a escogido este tipo de instalación ya que el recinto deportivo solo cuenta con 5 baños de hombres y 5 baños de mujeres, por lo que no es necesario instalar un sistema energético de apoyo en cada una de estas secciones, ya que esto incurre en mayor costo del equipo necesario para obtener la misma cantidad de ACS.

- Ventajas de esta instalación solar

No hay ninguna limitación de caudal disponible y por tanto, garantiza el mayor nivel de confort posible.

- Inconvenientes

Energéticamente mantener el agua del deposito a una determinada temperatura puede suponer un consumo importante en combustible.

5.2.5 Ubicación geográfica de la instalación del proyecto

San Salvador, El Salvador:

Latitud	13° 43' 16" norte
Longitud	89° 12' 9" oeste
Zona horaria	GMT-6:00
msnm	682 m
Radiación Solar	5,0 KWh/m ² – 6,5 KWh/m ²
Zona climática de referencia	zona V

Tabla 5. Ubicación geográfica de la instalación del proyecto

5.2.6 Contribución solar mínima de ACS

Según el CTE-HE 4 para los lugares que se encuentran en la zona climática V es requisito que el sistema solar térmico cumpla con un aporte de producción de ACS de 70 % del total de la demanda (apartado 2.1 contribución solar mínima, literal a).

5.2.7 Determinación de la demanda energética

El CTE-HE 4 en su punto 3.1 nos indica que para una temperatura del acumulador final de 60° C el consumo de agua caliente sanitaria es de:

15 I_{ACS}/día por servicio, para vestuarios/duchas colectivas.

Como puede observarse la temperatura del agua debe tener un valor de 45° que es diferente a la temperatura que se utiliza en las tablas de referencia que propone el CTE – HE 4, para este caso caso el CTE recomienda utilizar la siguiente relación para

calcular la demanda de ACS con una temperatura diferente a 60° C.

$$C = \text{Consumo a } 60^{\circ} \text{ C} \frac{(60^{\circ} \text{ C} - t_{\text{mred}})}{(t - t_{\text{mred}})}$$

Donde:

C = Es el consumo (l/día) a la temperatura elegida.

Consumo a 60° C = Es el consumo de ACS a 60° C según tablas

t_{mred} = Temperatura media del agua de red del mes estudiado ° C, tablas

t = Temperatura elegida para el consumo de ACS ° C

Para el caso que nos ocupa calcularemos la demanda de ACS por mes, debido a que en El Salvador solo pueden apreciarse 2 estaciones en el año, invierno y verano, por lo que la temperatura del agua de red solo varia entre los intervalos de 24° C a 28° C, dependiendo del mes que se trate.

Estos nos lleva a tomar en consideración la siguiente información:

Mes	Temperatura promedio del agua de red t_{mred}
De Noviembre a Abril (Estación seca)	24° C
De Mayo a Octubre (Estación lluviosa)	28° C

Tabla 6: Temperatura del Agua de red en San Salvador, El Salvador según ANDA

5.2.7.1 Demanda de ACS a 45° C para estación seca

De Noviembre a abril: $t_{\text{mred}} = 24^{\circ} \text{ C}$ y $t = 45^{\circ} \text{ C}$

$$C = (15 \text{ l / dia}) \frac{(60^{\circ} \text{ C} - 24^{\circ} \text{ C})}{(45^{\circ} \text{ C} - 24^{\circ} \text{ C})} = 25,71 \approx 26 \text{ l}_{\text{ACS}} / \text{ dia}$$

5.2.7.2 Demanda de ACS a 45° C para estación lluviosa

De Mayo a Octubre: $t_{mred} = 28^{\circ} C$ y $t = 45^{\circ} C$

$$C = (15l / dia) \frac{(60^{\circ} C - 28^{\circ} C)}{(45^{\circ} C - 28^{\circ} C)} = 28,24 \approx 29l_{ACS} / dia$$

5.2.7.3 Determinación de la demanda de ACS a la temperatura elegida de 45 °C.

La nueva demanda de ACS a 45 °C será el valor promedio de la demanda para la estación seca y la estación lluviosa, ya que, solo hay dos diferentes temperaturas para el agua de red en el año:

$$Promedio = \frac{\text{Demanda de ACS estacion seca} + \text{Demanda de ACS estacion lluviosa}}{2}$$

$$Promedio = \frac{25,71l_{ACCS} / dia + 28,24l_{ACS} / dia}{2}$$

$$Promedio = 26,975l_{ACS} / dia \approx 27l_{ACS} / dia$$

5.2.8 Determinación de la necesidad de calor Q_{ACS}

La relación que utilizaremos para calcular la energía necesaria mes a mes en la instalación deportiva que proporcionara 150 duchas/diarias es la que se define a continuación:

$$Q_{ACS} = C_e * C_{ACS} * (t - t_{mred}) * n \quad (\text{ver bibliografía numeral 1})$$

Donde:

- Q_{ACS} : Energía necesaria por unidad de tiempo demanda para preparar ACS (kJ/mes).
- C_e : Calor específico del agua (4,187 kJ/kg °C).
- C_{ACS} : (unidad de consumo)*(consumo I_{ACS} /día a la temperatura elegida)*(densidad del agua 1 kg/l) en kg/día
- t : Temperatura elegida para el consumo de ACS en ° C.
- t_{med} : Temperatura media del agua de red del mes estudiado °C.
- n : Numero de días del mes estudiado.

Nota: El sistema solar térmico no deberá proporcionar energía en la totalidad de días de los meses de Enero y Diciembre, ya que, existe un periodo vacacional en el cual el complejo deportivo cierra sus instalaciones, dicho periodo vacacional se inicia el 15 de Diciembre y finaliza el 15 de Enero de cada año, ambas fechas inclusive; debido a esto se tomara para el mes de enero los días del 16 al 31 (16 días) y para Diciembre del 1 al 14 (14 días).

Los cálculos anteriores aparecen resumidos en la siguiente tabla (tabla 7), generada por medio de una hoja de calculo diseñada para obtener las necesidades energéticas (Q_{ACS}).

Mes	n Días del mes (en los que opera el sistema solar)	Unidad de consumo (nº de duchas al día)	Unidad de demanda (l/día a 45° C)	t (° C)	t _{med} (° C)	t _{amb} (°C)	Q _{ACS} necesidad energética (kJ/mes)
Enero	16	150	27	45	24	25,1	5697669,6
Febrero	28	150	27	45	24	25,4	9970921,8
Marzo	31	150	27	45	24	25,5	11039234,85
Abril	30	150	27	45	24	26,6	10683130,5
Mayo	31	150	27	45	28	25,3	8936523,45
Junio	30	150	27	45	28	24,9	8648248,5
Julio	31	150	27	45	28	25,5	8936523,45
Agosto	31	150	27	45	28	25,4	8936523,45
Septiembre	30	150	27	45	28	25,3	8648248,5
Octubre	31	150	27	45	28	25,2	8936523,45
Noviembre	30	150	27	45	24	24,3	10683130,5
Diciembre	14	150	27	45	24	24,8	4985460,9
Total año							106102138,95

Tabla 7: Necesidad de calor para la producción de ACS. El sistema solar térmico no realizara trabajo en la totalidad de los días para los meses de Enero y Diciembre.

El diagrama (figura 33) muestra que en los meses de enero y diciembre no hay mucha necesidad de calor, debido a que anteriormente se dijo que en estos meses el complejo deportivo tendrá un periodo de cierre de sus instalaciones; además, se identifica con claridad que el mes en el cual el sol aportara mas calor al sistema es el mes de marzo.

NECESIDADES ENERGETICAS QACS

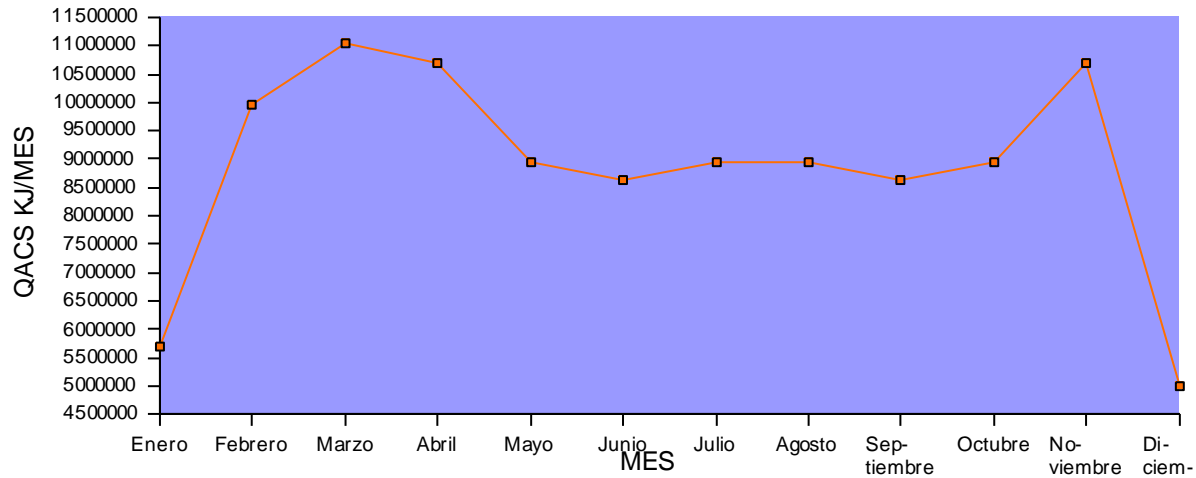


Figura 33. Necesidad de energía para la producción de ACS

5.2.9 Determinación de la energía incidente sobre la superficie de captación

La energía que incide en un día medio de cada mes sobre cada m^2 de superficie horizontal de captación (representada por H) puede conocerse a través de tablas.

En el caso del El Salvador dichas información se obtiene a través del Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET (ver referencias), el cual detalla la radiación solar media sobre la superficie de San Salvador tomando en consideración que dicha ciudad se encuentra en la zona climática “sabana tropical caliente” (de 0 a 800 metros sobre el nivel del mar), por lo que la radiación solar a lo largo de todo el año tiene un valor que oscila entre $5,0 \text{ KWh/m}^2$ y $6,5 \text{ KWh/m}^2$ ($18,00 \text{ MJ/m}^2$ y $23,40 \text{ MJ/m}^2$) y cuyos valores para cada mes en un día promedio aparecen resumidos en la siguiente tabla (ver apartado 7.0 referencia).

Mes	Radiación disponible en plano horizontal (KWh/m ² . día) H	Radiación disponible en plano horizontal (MJ/m ² . día) H
Enero	4,53	16,31
Febrero	4,83	17,38
Marzo	5,51	19,84
Abril	5,96	21,45
Mayo	6,14	22,09
Junio	6,07	21,84
Julio	6,25	22,49
Agosto	6,25	22,51
Septiembre	5,3	19,08
Octubre	5,86	21,11
Noviembre	4,56	16,4
Diciembre	4,94	17,77
Promedio mes	5,52	19,86

Tabla 8: Energía Solar incidente sobre superficie horizontal en KWh/m².día en San Salvador para un día promedio al mes.

En la figura 34 se aprecia mejor la distribución de radiación en la ciudad de San Salvador en un día promedio al mes, en donde se observa que los meses de mayo y junio presentan el más alto nivel de radiación solar.

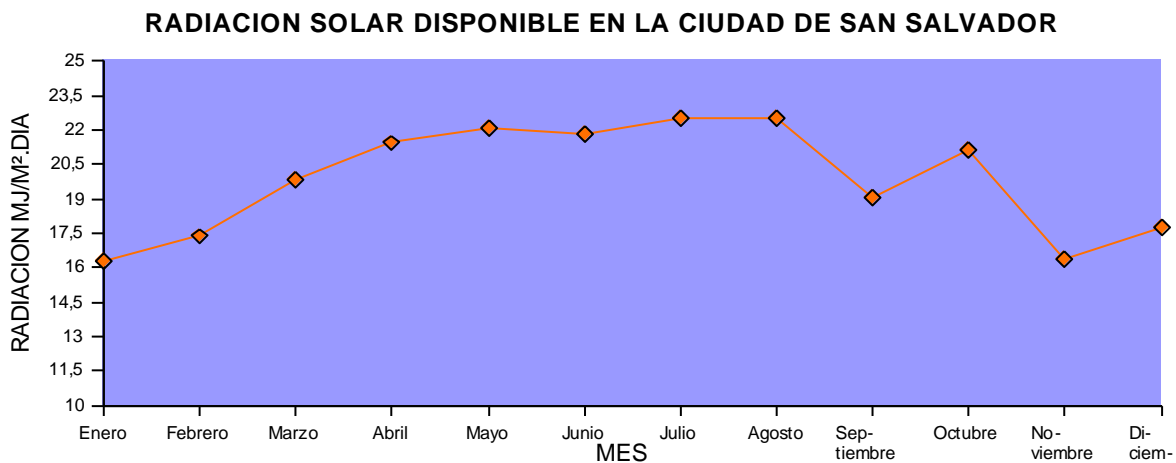


Figura 34. Radiación solar en la ciudad de San Salvador

Como los captadores solares están inclinados un ángulo beta (β), se necesita conocer

la energía incidente (RI), en el plano de captación para ello se emplean factor que nos dan un valor de radiación mas aproximado a la realidad, algunos de estos factores se obtienen de tablas de referencia, otros se calcularan con formulas y métodos ya establecidos para su determinación

Como consecuencia de la aplicación de todos estos factores de corrección, la expresión de la energía disponible en el campo solar es la siguiente:

$$RI = H * K * 0,94 * FI * FS \quad (\text{ver bibliografía numeral 1})$$

- Donde:
- RI: Radiación disponible en el plano de captación orientado e inclinado ($\text{kJ/m}^2 \cdot \text{día}$).
 - H: Radiación disponible en plano horizontal ($\text{kJ/m}^2 \cdot \text{día}$).
 - K: Factor de corrección para superficies inclinadas (cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo y otra horizontal), se obtiene de tablas.
 - 0.94: Factor que determina la reducción de la energía útil en las primeras horas de la mañana y ultimas horas de la tarde.
 - FI: Factor que cuantifica las perdidas por una orientación e inclinación distinta a la optima.
 - FS: Factor de corrección de perdidas por sombras.

- **Determinación del factor K**

Como la instalación solar será de consumo constante durante todo el año, la inclinación de los captadores coincide con la latitud del lugar de ubicación del proyecto, en este caso de 13° 43' 16", ya que según el CTE – HE 4 en su apartado 2.1 numeral 2 literal a recomienda:

Demanda constante anual: Inclinación óptima (β) = Latitud geográfica del lugar (φ)

Entonces $\beta = \varphi = 13^\circ 43' 16''$

Como en tablas solo existen valores de K para latitudes superiores a 13° 43' 16", se tomara como referencia la tabla de latitud inmediata superior a este valor y un angulo de inclinación inmediato superior a 13° 43' 16"; entonces tenemos (ver bibliográfica, numeral1):

Latitud 28° e inclinación 15°

Inclinación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
15°	1,14	1,11	1,07	1,02	0,99	0,98	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,17

Tabla 9. Factor K de corrección para superficies inclinadas.

- **Determinación del factor de histéresis**

Consideraremos que cuando la intensidad de la radiación incidente esta por debajo de 200 W/ m² (tomando este valor como medio anual correspondiente a situaciones de primera hora de la mañana y ultima hora de la tarde), no se produce intercambio, por lo que esta energía no se aprovecha.

Esta reducción de la energía útil se estima en un 6%, por lo que se considerara un

factor de valor **0,94** que multiplicado a RI nos ofrecerá un valor mas real de la energía útil o aprovechable.

- **Determinación del factor de perdidas por orientación e inclinación FI**

La instalación solar se ubicara en la terraza del recinto deportivo por lo que no hay necesidad de orientar los captadores en un ángulo distinto (α) al recomendado por el CTE ya que no hay presente ningún obstáculo y existe total disponibilidad de espacio e integración, además de favorecer a la estética del edificio que esta orientado exactamente al sur y por tanto seguiremos las líneas principales del mismo.

Entonces según el CTE en su apartado 3.5.2 numeral 3 recomienda una orientación optima igual al sur geográfico, es decir:

$$\alpha = 0^\circ$$

Con lo que las perdidas por orientación e inclinación son de 0%, comprobándose esto con la relación:

$$Perdidas(\%) = 100 * [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2] \text{ Para } \beta < 15^\circ \text{ (ver anexo 8.1 numeral 3.5.2)}$$

y como $\beta = \beta_{opt} = \varphi = 13^\circ 43' 16''$ se cumple esta condición, con lo cual las perdidas tienen un valor de 0 % y el factor FI que cuantifica las perdidas por una orientación e inclinación distinta de la optima, resulta tener un valor de **1**. **Este valor lo corregiremos cuando seleccionemos el captador solar que se utilizara en la instalación.**

- **Determinación del factor de perdidas por sombras FS**

Para el caso que nos compete como se menciona anteriormente no hay obstáculos

presentes que proyecta sombras sobre el campo de captación por lo que las pérdidas por sombra son de 0 % lo que se demuestra con la fórmula:

$$FS = \frac{(100 - \text{Pérdidas por sombreado } \%)}{100} \quad (\text{Tomada de bibliografía 1})$$

Lo que da como resultado que **FS = 1**

El Cálculo mensual y anual de la radiación incidente o radiación disponible en el plano orientado e inclinado se resume en la siguiente tabla cuyo resultado se produce por medio de una hoja de cálculo diseñada para obtener la radiación disponible (RI) en la que se aplica la expresión:

$$RI = H * K * 0,94 * FI * FS$$

Mes	n Días del mes (en los que opera el sistema solar)	Radiación disponible en plano horizontal (MJ/m ² . día) H	K	Factor de histeresis	FI	FS	RI Radiación disponible en el plano orientado e inclinado (kJ/m ² .mes)
Enero	16	16,31	1,14	0,94	1	1	279644,74
Febrero	28	17,38	1,11	0,94	1	1	507760,18
Marzo	31	19,84	1,07	0,94	1	1	618607,23
Abril	30	21,45	1,02	0,94	1	1	616987,8
Mayo	31	22,09	0,99	0,94	1	1	637265,57
Junio	30	21,84	0,98	0,94	1	1	603570,24
Julio	31	22,49	0,99	0,94	1	1	648805,01
Agosto	31	22,51	1,03	0,94	1	1	675619,64
Septiembre	30	19,08	1,08	0,94	1	1	581100,48
Octubre	31	21,11	1,13	0,94	1	1	695114,3
Noviembre	30	16,4	1,17	0,94	1	1	541101,6
Diciembre	14	17,77	1,17	0,94	1	1	273608,24
Total año							6679185,04
Promedio al mes							556598,75

Tabla 10: Radiación disponible en el plano orientado e inclinado de la ubicación del proyecto

El siguiente diagrama ofrece una mejor visión de la radiación solar que incide en la superficie del captador cuando ha sido orientado e inclinado de acuerdo a las características del lugar de ubicación del sistema solar térmico (figura 35).

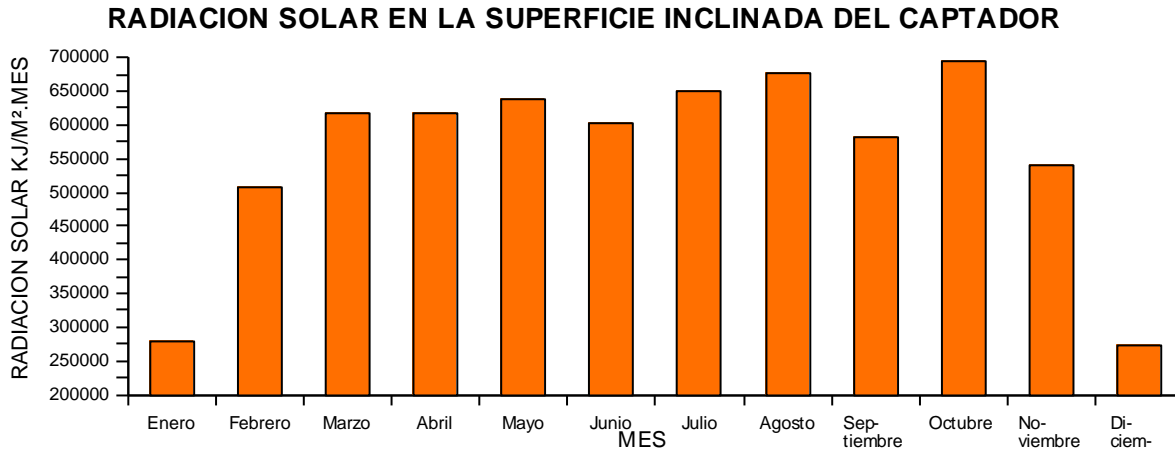


Figura 35. Radiación solar que incide en la superficie útil del captador orientado e inclinado.

5.3 CALCULO DE LAS PRESTACIONES MEDIANTE EL MÉTODO F-CHART

La ecuación utilizada en este método es la siguiente:

$$f = 1,029.D_1 - 0,065.D_2 - 0,245.D_1^2 + 0,0018.D_2^2 + 0,0215.D_1^3 \quad (\text{Tomada de bibliografía 1})$$

Con los valores limite $0 < D_1 < 3$
 $0 < D_2 < 18$

5.3.1 Condiciones de diseño del sistema solar térmico

- Características del colector seleccionado:
 (Ver anexo 8.7)

Colector solar seleccionado	GASAKOL sunnySol UP – V
Superficie útil del captador	2,015 m ²
Longitud	2100 mm
Anchura	1070 mm
Factor de eficiencia óptica del captador $F_r \cdot (\tau \alpha)_n$	$h_{0A} = 0,8000$
Coefficiente global de pérdida $F_r \cdot U_L$	$a_{1A} = 3,546 \text{ W/m}^2\text{°C}$, $a_{2A} = 0,011 \text{ W/m}^2\text{°C}$
Calor específico del fluido calo portador del circuito primario:	4,190 KJ/kg °C
Caudal masico por el circuito primario	15-60 kg/h.m ²

NOTA: Debemos corregir el factor **FI** debido a que el ángulo de inclinación será de 20° como lo especifica el fabricante, ya que es el ángulo mínimo al que puede inclinarse el captador.

Entonces el nuevo factor **FI** obtenido con el nuevo ángulo de inclinación $\beta = 20^\circ$ será:

$$\text{Perdidas por orientacion e inclinacion (\%)} = 100 * [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2]$$

para $15^\circ < \beta < 90^\circ$

$$\text{Perdidas por orientacion e inclinacion (\%)} = 100 * [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (20^\circ - 13,721^\circ)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2]$$

$$\text{Perdidas por orientacion e inclinacion} = 0,473\%$$

$$FI = \frac{(100 - \text{Perdidas por orientacion e inclinacion \%})}{100}$$

$$FI = \frac{(100 - 0,473\%)}{100} \quad FI = 0,995$$

- Caudal másico por el circuito primario:

según indica el CTE-HE 4 en su apartado 3.3.5.1.2 el caudal másico del circuito primario debe estar en el intervalo 43 l/h.m² y 72 /h.m², con lo que se toma el valor medio **57,5 l/h.m² o 57,5 kg/ h.m²** y se cumple con la especificación dada por el fabricante del captador.

- Información climática de la ciudad de San Salvador (ver referencias 12 y 15):

Mes	t _{mred} (° C)
Enero	24
Febrero	24
Marzo	24
Abril	24
Mayo	28
Junio	28
Julio	28
Agosto	28
Septiembre	28
Octubre	28
Noviembre	24
Diciembre	24

Tabla 11: temperatura media del agua de red en la ciudad de San Salvador

Mes	Temperatura ambiente (°C)
Enero	25,1
Febrero	25,4
Marzo	25,5
Abril	26,6
Mayo	25,3
Junio	24,9
Julio	25,5
Agosto	25,4
Septiembre	25,3
Octubre	25,2
Noviembre	24,3
Diciembre	24,8
Promedio año	25,28

Tabla 12: Temperatura media ambiente en la ciudad de San Salvador

La figura 36 muestra los valores de temperatura promedio al mes tomado del SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales).

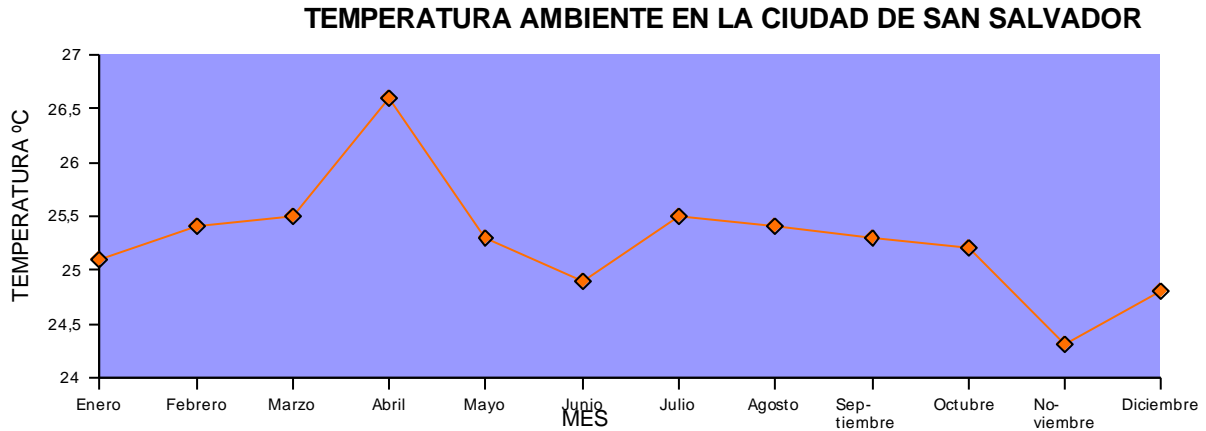


Figura 36. Temperatura ambiente de la ciudad de San Salvador

Mes	Radiación disponible en plano horizontal (MJ/m ² . día) H
Enero	16,31
Febrero	17,38
Marzo	19,84
Abril	21,45
Mayo	22,09
Junio	21,84
Julio	22,49
Agosto	22,51
Septiembre	19,08
Octubre	21,11
Noviembre	16,4
Diciembre	17,77
Promedio año	19,86

Tabla 13: Radiación solar media en la ciudad de San Salvador para un día promedio al mes

5.3.2 Pre dimensionado del área total de captación de radiación solar

Según el CTE-HE 4 en su apartado 3.3.1 numeral 2 indica que el criterio general para el rendimiento anual de la instalación de energía solar debe ser mayor que el 20%, además debe cumplirse el hecho de que el rendimiento del captador, independientemente de la aplicación y la tecnología usada, debe ser siempre igual o superior al 40 %.

Entonces:

Datos conocidos:	Temperatura de ACS	= 45 °C
	Temperatura ambiente media al día	= 25,28 °C
	Radiación solar media al día	= 20,88 MJ/m ² . día o 5800 kwh/ m ² . día
	Horas de sol promedio al día	= 6,8 horas
	Irradiación solar media al día	= 852,94 w/m ²
	Superficie útil del captador seleccionado	= 2,015 m ²

5.3.2.1 Calculo del rendimiento del captador

Según los datos del captador, la formula que representa su curva característica es:

$$h_A = h_{0A} - a_{1A} \cdot \frac{(T_e - T_m)}{G} - a_{2A} \cdot \frac{(T_e - T_m)^2}{G} \quad (\text{Ver anexo 8.7})$$

$$h_A = 0,8000 - 3,546 \cdot \frac{(45 - 25,28)}{852,94} - 0,011 \cdot \frac{(45 - 25,28)^2}{852,94}$$

$$h_A = 71,78\%$$

$$h_A = 0,7178$$

Se observa que el captador cumple con el requisito de rendimiento mayor al 40 %.

Ahora bien como primera aproximación del rendimiento global del sistema solar térmico tomaremos un valor de 25 % (el CTE obliga a que este rendimiento sea mayor al 20 %) y calcularemos el área de captación necesaria de la siguiente forma:

$$S_c = \frac{\text{Contribucion solar minima (\%) * Necesidades energetica anuales}}{\text{Rendimiento medio anual (\%) * Radiacion solar disponible en campo solar}} \quad (\text{Tomada de bibliografía 1})$$

$$S_c = \frac{70\% * 108066051,3}{25\% * 7085145,47}$$

$$S_c = 42,71 m^2$$

5.3.3 Pre dimensionado del volumen de acumulación ACS

El CTE (ver anexo 8.1) indica en su apartado 3.3.3.1 numeral 2 que el área total de los captadores tendrá un valor tal que haga cumplir la relación:

$$50 < \frac{V}{S_c} < 180$$

Donde: V = volumen del deposito de acumulación solar (Litros)
 S_c = suma de las áreas de los captadores (m²)

El volumen de acumulación de ACS (V) en el día para la instalación en cuestión, se calcula tomando en cuenta la demanda de ACS a 45 °C, entonces tomando como valor promedio de la demanda de ACS calculada anteriormente se tiene:

$V = \text{numero de duchas al dia} * \text{promedio de demanda ACS}$

$$V = 150 * 27 l_{ACS}/\text{dia} \quad V = 4050 l_{ACS}/\text{dia}$$

Ahora comprobando la relación anterior se tiene:

$$50 < \frac{V}{S_c} < 180 \quad \frac{V}{S_c} = \frac{4050}{42,71} = 94,83$$

Se ve, que se cumple la relación, por lo tanto el próximo paso es aplicar el método de calculo F-CHART para calcular la fracción solar y verificar si cumple con la condición supuesta inicialmente de 70 % (contribución solar mínima).

5.3.4 Aplicación método F-CHART

En la siguiente tabla (tabla 11) se recogen los resultados del calculo de la fracción de energía solar aportada por el sistema obtenida mediante una hoja de calculo diseñada con las relaciones matemáticas que definen el **método F-CHART (ecuaciones 11,12,13,14,15,16,17,18,19,20)**

Ingresando los datos conocidos por el fabricante del captador seleccionado:

$$F_r \cdot (\tau\alpha)_n = 0,8000$$

$$F_r \cdot U_L = 3,546 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Superficie de captación Total} = 42,71 \text{ m}^2$$

$$\text{Calor especifico del fluido caloportador del circuito primario} = 4.190 \text{ KJ/kg.}^\circ\text{C}$$

Resulta:

**CALCULO DE LA FRACCIÓN SOLAR O
COBERTURA SOLAR MENSUAL f**

Mes	f	Q _{util}
Enero	0,86	4893335,4
Febrero	0,9	9013041,4
Marzo	1,03	11412257,26
Abril	1,03	11043530,86
Mayo	1,12	10009790,71
Junio	1,07	9255240,56
Julio	1,14	10148377,29
Agosto	1,12	10021551,83
Septiembre	1,1	9547656,19
Octubre	1,05	9408415,46
Noviembre	0,86	9142454,66
Diciembre	0,81	4043685,72
Total año		107939337,34

Tabla 14: Fracción solar f con $V = 4050 I_{ACS}/\text{día}$ y $Sc = 42,71 \text{ m}^2$

De la tabla se deduce que en los meses de marzo a octubre el sistema sobrepasa el 100 % de la contribución solar que debe aportar en cada mes, lo cual no cumple con lo establecido en el CTE-HE 4 en su apartado 2.1 numeral 3 (ver anexo de CTE).

por lo que se debe hacer un proceso iterativo asignando otros datos de entrada como superficie de captación, volumen de acumulación, rendimiento medio anual del sistema , etc. en la hoja de calculo.

Entonces, con el volumen de acumulación $V = 4050 I_{ACS} / \text{día}$ se realizan nuevamente los cálculos, tomando en consideración una relación de volumen de acumulación sobre superficie de captación, igual al promedio del intervalo señalado:

$$relacionpromedio = \frac{50 + 180}{2} = 115$$

De donde resulta que el área de captación será de:

$$Sc = \frac{V}{115} = \frac{4050}{115} = 35,21m^2$$

Y los cálculos resultantes son:

**CALCULO DE LA FRACCIÓN SOLAR O
COBERTURA SOLAR MENSUAL f**

Mes	f	Q _{util}
Enero	0,78	4432018,07
Febrero	0,82	8197806,47
Marzo	0,95	10538441,98
Abril	0,95	10187147,21
Mayo	1,07	9554182,67
Junio	1,01	8755374,85
Julio	1,09	9714582,4
Agosto	1,07	9566631,54
Septiembre	1,05	9084188,19
Octubre	0,99	8870154,88
Noviembre	0,78	8283348,1
Diciembre	0,73	3647477,99
Total año		100831354,34

Tabla 15: Fracción solar f, V = 4050 I_{ACS}/día y Sc = 35,21 m²

La tabla 15 muestra una reducción en el número de meses que sobrepasa el 100 % de la contribución solar, quedando ahora el intervalo entre los meses de mayo a septiembre.

En los resultados anteriores destaca el hecho de que a menor superficie total de captación, nos acercamos mas al valor de contribución solar mínima supuesto al inicio de los cálculos, debido a esto elegiremos un valor de superficie de captación total igual a 30 m² y se ve como se comporta ahora el sistema, manteniendo constante el volumen de acumulación:

**CALCULO DE LA FRACCIÓN SOLAR O
COBERTURA SOLAR MENSUAL f**

Mes	f	Q _{util}
Enero	0,72	4076884,17
Febrero	0,74	7372308,29
Marzo	0,8	8836768,18
Abril	0,82	8793896,39
Mayo	0,91	8100264,2
Junio	0,89	7704755,41
Julio	0,92	8211702,6
Agosto	0,95	8445865,62
Septiembre	0,87	7500289,7
Octubre	0,96	8605589,44
Noviembre	0,73	7828835,28
Diciembre	0,79	3913993,48
Total año		89391152,77

Tabla 16: Fracción solar f V = 4050 I_{ACS}/día y Sc = 30 m²

La tabla 16 nos da resultados muy satisfactorios ya que demuestra que en cada mes nos acercamos al valor de contribución solar mínima exigida por el CTE-HE 4 sin sobrepasar en cada mes el 110% y el 100 % en no mas de 3 meses. Por lo tanto con el volumen y superficie de captación total puestos en prueba calcularemos en numero de captadores necesarios de la siguiente forma:

$$\text{numero de captadores necesarios} = \frac{\text{superficie de captacion total}}{\text{superficie util del captador}}$$

$$\text{numero de captadores necesarios} = \frac{30\text{m}^2}{2,015\text{m}^2} = 14,89\text{captadores}$$

De aquí que se toman como numero de captadores igual a 15 modificando la superficie total de captación a:

$$\text{superficie total de captacion} = 2,015\text{m}^2 * 15 = 30,23\text{m}^2$$

Con un valor de fracción solar anual (contribución solar dada por la hoja de calculo) de:

Fraccion solar anual del sistema solar termico = 85%

El cual cumple con la normativa establecida por el CTE-HE 4.

Con los datos obtenidos calcularemos el rendimiento global del sistema, el cual resulta de:

$$Sc = \frac{\text{Contribucion solar minima(\%) * Necesidades energetica anuales}}{\text{Rendimiento medio anual(\%) * Radiacion solar disponible en campo solar}}$$

$$\text{Rendimiento medio anual} = \frac{85\% * 106102138,95}{30,23 * 6679185,04}$$

$$\text{Rendimiento medio anual} = 44,67\%$$

Valor de rendimiento que supera el límite establecido por el CTE.

5.3.5 Dimensionado del número de captadores de radiación solar necesarios

Del apartado anterior se obtiene que el número total de captadores a utilizar en la instalación solar es:

- 15 Captadores solares tipo vertical marca GASAKOL sunnySol UP – V de 4 racor, con un área útil de captación de 2,015 m² y un ángulo de inclinación de 20 ° orientación sur.
- 3 Purgadores automáticos con válvula de corte (presión máxima 6 bar)
- 3 Kit de conexión ciega (cada kit con 2 racor siego) de 19,05 mm (¾ plg.)
- 3 válvulas de seguridad a membrana con maneta de accionamiento (tarado de válvula 6 bar).
- 6 válvulas de corte de cobre de 25,4 mm de diámetro

5.4 CALCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA A OBJETOS

Como ya se ha mencionado la instalación solar se utilizara en todo el año, por lo tanto para calcular la distancia mínima de separación a objetos se tomara el día más desfavorable para los cálculos, es decir el 21 de diciembre, el día en el que el sol se encuentra en la altura mas baja.

La altura solar mínima al mediodía solar esta dada por (tomada de bibliografía 1):

$$H_{min} = 90^\circ - \text{latitud del lugar} - 23^\circ 27' \quad H_{min}: \text{Altura solar en el solsticio de invierno}$$

Con lo que resulta que:

$$H_{min} = 90^\circ - 13^\circ 43' - 23^\circ 27'$$

$$H_{min} = 53^\circ 10' = 53,17^\circ$$

La terraza del complejo deportivo tiene un muro en todo su perímetro de $h = 50$ cm de altura de modo que la distancia de separación de los captadores a ese muro sera de:

$$d_{min} = \frac{h}{\text{tg}(H_{min})} \quad d_{min}: \text{Distancia mínima de separación a objetos}$$

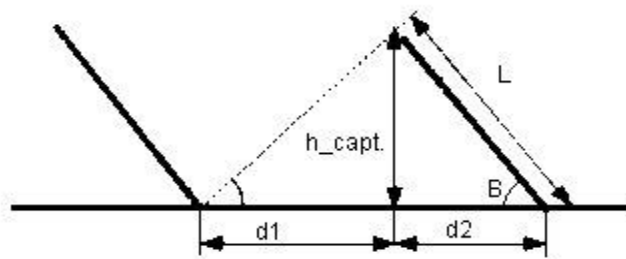
$$d_{min} = \frac{0,50m}{\text{tg}(53,17^\circ)}$$

$$d_{min} = 0,3745m$$

5.4.1 Cálculo de la distancia mínima entre filas de captadores

La longitud del captador seleccionado es de $L = 2100$ mm por lo que la distancia mínima a considerar entre filas de captadores con un ángulo de inclinación del captador de $\beta = 20^\circ$ será:

$$d_1 = \frac{L \cdot \text{sen} \beta}{\text{tg}(H_{\text{min}})} \quad d_1: \text{distancia mínima entre filas de captadores}$$



Separación entre placas

Figura 37. Distancia de separación entre filas de captadores

$$d_1 = \frac{2,1m \cdot \text{sen} 20^\circ}{\text{tg}(53,17^\circ)} \quad d_1 = 0,538m$$

La distancia proyectada sobre el plano horizontal aparente del captador es:

$$d_2 = L \cdot \text{cos} \beta \quad d_2: \text{Distancia proyectada por el captador sobre la horizontal}$$

$$d_2 = 2,1m \cdot \text{cos} 20^\circ \quad d_2 = 1,97m$$

5.5 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO-ACUMULADOR SOLAR

Del numeral 3.3 se recoge la siguiente información: volumen de acumulación 4050 l_{ACS}/día por lo que se selecciona (ver anexo 8.7):

- 2 interacumuladores marca GASAKOL hygenio 690520 tipo HGRR con un intercambiador solar, de capacidad 2000 litros.
- 1 interacumulador tipo serpentín sencillo GASOKOL hidroSmalt R 160, con capacidad de 160 litros.
- 3 Purgadores automáticos con válvula de corte (presión máxima 6 bar).

5.6 CALCULO DE TUBERÍAS

5.6.1 Circuito primario del sistema

5.6.1.1 Caudal del circuito primario

Antes de iniciar con el dimensionado de tuberías del circuito primario se definirá el tipo de conexión de los captadores.

De acuerdo con el CTE-HE 4 en su apartado 3.3.2.2 numeral 3, establece que el número de captadores a conectar en paralelo esta sujeto a las limitaciones de los fabricantes de captadores solares, para el caso que nos ocupa GASAKOL recomienda un máximo a conectar de captadores en paralelo para garantizar un equilibrado del circuito; este arreglo en paralelo se escoge debido a que es el recomendado para la producción de ACS debido a que la temperatura que adquiere el fluido caloportador que circula en cada captador es la misma (calor transferido por radiación), entonces, cada fila de captadores así formados constara con 5 unidades, por lo que se tendrá 3 filas de captadores conectados en retorno invertido para prescindir de la utilización de válvulas de equilibrado.

Con todo lo antes dicho calcularemos el caudal total de la circulación del fluido caloportador del circuito primario de la siguiente forma (ver bibliográfica 1):

$$Q_1 = Q_{\text{captador}} * S_c * n \quad \text{Donde:}$$

Q_1 = caudal total del circuito primario

Q_{captador} = caudal por el captadores

S_c = superficie útil de captación del captador

n = numero total de captadores

De donde se obtiene:

$$Q_1 = 57.5 \text{L/h.m}^2 * 2,015 \text{m}^2 * 15 = 1737,94 \text{l/h}$$

y según el diagrama de conexión de captadores (ver anexo 8.3), el caudal de cada rama del circuito será:

$$Q_2 = Q_3 = \frac{1737,94 \text{l/h}}{2} = 868,97 \text{l/h} \quad \text{Debido a que } Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$Q_4 = Q_5 = \frac{868,97 \text{l/h}}{2} = 434,48 \text{l/h} \quad \text{Debido a que } Q_2 = Q_3 = Q_4 + Q_5$$

Donde: Q_1 = caudal por la rama 1 del circuito

Q_2 = caudal por la rama 2 del circuito

Q_3 = caudal por la rama 3 del circuito

Q_4 = caudal por la rama 4 del circuito

Q_5 = caudal por la rama 5 del circuito

Esto es así debido a que se diseñara las tuberías con el mismo diámetro

5.6.1.2 Diseño de la red de tuberías

El diseño de la red de tuberías es exactamente igual a cualquier sistema por el cual

circulara un fluido, por lo que deben calcularse las perdidas de carga que producen tanto los tramos de tubería como las perdidas que causan todos los accesorios que componen dicha red hidráulica (codos, válvulas, te, etc.). Entonces para iniciar se tomara en cuenta las siguientes consideraciones practicas (ver bibliográfica 1):

- El dimensionado de las tuberías se seleccionara de forma que la velocidad de circulación del fluido será inferior a 2 m/s.
- El dimensionado de las tuberías se realizara de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca supere los 40 mm.c.a/m (milímetros de columna de agua por metro lineal de longitud).
- Se podrán utilizar tuberías de cobre o de acero inoxidable.

Con lo antes dicho se pre-calculara el diámetro de la tubería con un caudal de 1737,94 l/h ya que, para un mismo diámetro de tubería se producirá mayor perdida con el mayor caudal que circule por dicha tubería, y el valor limite de perdida de carga, según la siguiente relación utilizada para tuberías de cobre en donde ya ha sido tomado en cuenta el coeficiente de rugosidad ϵ y el factor de fricción f_T de este material (ver bibliografía 1).

$$P_{C_{unitarias}} = 378 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad \text{Con:} \quad P_{C_{unitaria}} = \text{perdida de carga unitaria (mm.c.a/m)}$$

Q = caudal de la tubería (l/h)
D = diámetro nominal de tubería (mm)

De donde se obtiene:

$$D = 4,75 \sqrt[4]{\frac{378 * (1737,94 \text{ l/h})^{1,75}}{40}} \quad D = 25,06 \text{ mm}$$

De la relación anterior también se deduce que cuando el diámetro aumenta las

perdidas de carga disminuyen, entonces se seleccionara el diámetro estandarizado próximo superior es decir:

D = 25,4 mm (1 pulgada)

Ahora, verificando que se cumpla la primera recomendación, se tiene (tomada de bibliografía 1):

$$v = 0,354 \cdot \frac{Q}{D^2} \quad \text{Con: } v = \text{velocidad del fluido dentro de la tubería (m/s)}$$

Q = Caudal por la tubería (l/h)

D = diámetro nominal de la tubería (mm)

$$v = 0,354 \cdot \frac{1737,94 \text{ l/h}}{(25,4 \text{ mm})^2} = 0,954 \text{ m/s}$$

Con lo que no se viola esta recomendación, ya que la velocidad resultante es inferior a 2 m/s.

- **Perdida de carga en tuberías**

Ya con el diámetro seleccionado se calculara las pérdidas totales en tuberías del circuito primario aplicando las mismas relaciones a cada tramo de tuberías, con lo que se obtienen los siguientes resultados que arroja la hoja de calculo diseñada para determinar este tipo de perdidas de carga:

Tramo	Longitud (mm)	Q _{por el tramo} (l/h)	D _{externo} (mm)	D _{nominal} (mm)	v (m/s)	Pc _{unitarias} (mm.c.a/m)	Pc del tramo (mm.c.a)
L ₁	15631,000	1737,940	28,580	25,400	0,954	37,548	586,920
L ₂	150,000	868,970	28,580	25,400	0,477	11,163	1,674
L ₃	2608,000	868,970	28,580	25,400	0,477	11,163	29,114
L ₄	250,000	434,480	28,580	25,400	0,238	3,319	0,830
L ₅	2758,000	434,480	28,580	25,400	0,238	3,319	9,153
L ₆	3376,000	868,970	28,580	25,400	0,477	11,163	37,687
L ₇	868,000	434,480	28,580	25,400	0,238	3,319	2,881
L ₈	2508,000	1303,450	28,580	25,400	0,715	22,696	56,921
L ₉	868,000	434,480	28,580	25,400	0,238	3,319	2,881
L ₁₀	4695,000	1737,940	28,580	25,400	0,954	37,548	176,290
L ₁₁	3850,000	1737,940	28,580	25,400	0,954	37,548	144,562
L ₁₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total de tubería necesaria (m)	37,562					Pc total en tuberías (mm.c.a)	1048,913

Tabla 17: Perdidas de carga en tuberías del circuito primario

- **Perdida de carga en accesorios**

Los accesorio que componen la red también afectan al circuito por lo que también han de tomarse en cuenta, los accesorio que componen el circuito primario son codos a 90°, válvulas de cierre, válvulas de seguridad, tes, tal y como se indica en el diagrama; estas pérdidas de carga se obtienen mediante la siguiente relación (tomada de bibliografía 5):

$$Pc = 6,3730 * n * \left(\frac{L_e}{D}\right) * f_T * \frac{Q^2}{D^4}$$

Donde: Pc = pérdida de carga del accesorio (mm.c.a)

n = numero de accesorios del mismo tipo

f_T = factor de fricción del accesorio

Q = caudal que circula por el accesorio (l/h)

D = diámetro del accesorio, mismo de la tubería (mm).

$\frac{L_e}{D}$ = longitud equivalente en diámetro de tubería.

Las siguiente tabla recoge las pérdidas totales en accesorios, tomada de la hoja de calculo diseñada para tal fin y tomando como caudal y diámetro de cada rama el que se indica en el diagrama del circuito:

Tramo	Nº de codos	Nº Te estandar- con flujo a traves de un tramo	Nº Te estandar- con flujo a traves de un rama	Nº Valvulas de cierre	Nº Valvula de verificacion tipo de bola	Pc del accesorio (mm.c.a)
L ₁	6,000	0,000	1,000	2,000	0,000	702,021
L ₂	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	39,888
L ₃	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	29,251
L ₄	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	13,296
L ₅	2,000	0,000	0,000	1,000	0,000	16,619
L ₆	2,000	0,000	0,000	1,000	1,000	106,367
L ₇	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	23,267
L ₈	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	11,966
L ₉	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	23,267
L ₁₀	3,000	1,000	0,000	0,000	0,000	180,824
L ₁₁	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	212,734
L ₁₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cantidad total (accesorios y Pc en m.m.c.a)	21,000	2,000	2,000	8,000	3,000	1359,500

Tabla 18: Perdida de cargas en accesorios del circuito primario

- **Perdidas de carga en captadores solares**

Al igual que los tramos de tubería y los accesorios, los captadores también producen perdidas de carga, el valor de perdida de carga de un captador en particular viene dado por el fabricante del producto, para el captador seleccionado se tiene una perdida de carga de 52,19 mm.c.a. el resultado de todas las perdidas en captadores se presenta en la siguiente tabla:

Superficie util de captacion del captador seleccionado (m ²)	Numero total de captadores	Perdida de carga del captador (mm.c.a)	Q _{captador} (l/h)	Pc total en captadores (mm.c.a)
2,015	14,000	52,190	811,040	730,660

Tabla 19: perdidas de carga en el conjunto de captadores solares

- **Perdida de carga en los interacumuladores**

La perdida de carga en un acumulador o interacumulador es una información que proporciona en fabricante del producto, para los interacumuladores seleccionados, su perdida de carga se resume en el siguiente cuadro:

Superficie de intercambio (m ²)	Perdidas en el intercambiador de ACS (mm.c.a)	Cantidad de interacumuladores	P _c en interacumuladores (mm.c.a)
12,000	2243,360	2,000	4486,720
0,960	214,130	1,000	214,130
			0,000
Total Pc en interacumulador-es (mm.c.a)			4700,850

Tabla 20. Perdida de carga en los interacumuladores.

ya conocidas todas las perdidas de carga de cada uno de los componentes del circuito se obtiene el valor total de estas perdidas con lo que resulta un valor de:

Pc total en el circuito primario = 7839,923 mm.c.a = 7,839 m = 0,769 bar

De la tabla 14 se extrae la longitud total de tubería de cobre que se necesitara en el circuito primario, el cual tiene un valor de: **37,562 metros**, a esto debe sumarse la cantidad de metros necesarios para conectar el circuito primario con el secundario según el diagrama, este valor es de: **10,67 metros** de tubería de cobre con diámetro de 25,4 mm, además de:

- 21 codos a 90° de cobre de 25,4 mm de diámetro
- 2 te estándar de flujo a través de tramo de cobre de 25,4 mm de diámetro
- 2 te estándar de flujo a través de rama de cobre de 25,4 mm de diámetro
- 2 válvulas de cierre de 25,4 mm diámetro (para llenado y vaciado del circuito)
- 5 codos a 90° C de cobre de 25,4 mm de diámetro (para circuito de conexión del primario con el secundario)

- 1 Te estándar de flujo a través de un tramo de cobre de 25,4 mm diámetro

5.6.1.3 Calculo de la bomba circuladora.

Como el circuito primario es un circuito cerrado solo se precisa vencer las perdidas de carga totales las cuales ya han sido calculadas, por lo que se seleccionara una bomba que venza como mínimo la columna de liquido equivalente a 7,839 m, por lo que la bomba elegida es:

- Bomba ST 25/7 7-30 l/min con capacidad de 0-10 bar marca GASAKOL
- 2 válvulas de corte (presión máxima 6 bar)

5.6.1.4 Calculo del aislamiento de los elementos

según el RITE en su IT 1.2.4.2.1 Aislamiento térmico de redes de tuberías, numeral 1 (ver anexo 8.5) indica que toda tubería y accesorio, así como equipos y aparatos debe estas protegida con un aislamiento térmico cuando tengan fluidos a una temperatura mayor de 40° C cuando estén instalados en locales no calefactados, para el caso en cuestión la temperatura del fluido que circulara es agua a una temperatura de 58° C por lo que hay que protegerla contra una perdida de carga térmica menor a 4% de la potencia máxima que transporta.

En las tablas de referencia se indica que para un diámetro menor de 35 mm y con una temperatura entre 40° C y 60° C el espesor del aislamiento que debe tener la tubería es de 25 mm.

Entonces se selecciona un aislante: AIROLINE AEROFLEX KKS/SAPT con un diámetro interior de 28 mm y un espesor de 25 mm, conductividad térmica de 0,033 w/m.k el cual cumple las exigencias impuestas por el RITE.

5.6.2 Circuito secundario del sistema

5.6.2.1 Diseño de la red de tuberías

Para el circuito secundario solo debemos conocer la cantidad de metros de tubería que necesitamos y la cantidad de accesorios que se han de instalar, ya que la caldera que compone este circuito tendrá una bomba de circulación incorporada en su sistema, por lo antes dicho se tiene que:

Tramo	Longitud (mm)
L ₁	1660,000
L ₂	1660,000
Total de tubería necesaria (m)	3,320

Tabla 21: metros de tubería necesaria para el circuito secundario

Se necesitan 3,320 metros de tubería de cobre de 25,4 mm de diámetro (ver anexo 8.3)

y la cantidad de accesorios son:

Tramo	Nº de codos	Nº Te estandar-con flujo a traves de un tramo	Nº Te estandar-con flujo a traves de un rama	Nº Valvulas de cierre	Nº Valvula de verificacion tipo de bola
L ₁	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000
L ₂	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 22: Cantidad de accesorios utilizados en el circuito secundario.

Los accesorios utilizados son 8 codos de cobre a 90°.

5.6.2.2 Calculo del aislamiento de los elementos

Al igual que en circuito primario, el aislamiento seleccionado es: AIROLINE AEROFLEX KKS/SAPT con un diámetro interior de 28 mm y un espesor de 25 mm, conductividad térmica de 0,033 W/m.k el cual cumple las exigencias impuestas por el RITE.

5.7 CALCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN

El cálculo del vaso de expansión se hará de acuerdo a la norma UNE 100155 (ver anexo 8.5).

Para iniciar el calculo se debe conocer el volumen total de fluido caloportador en el circuito primario, es decir, cada componente del circuito tiene en su interior fluido por lo tanto, se suma el volumen alojado en cada elemento, estos datos se encuentran resumidos en las siguientes tablas con información del fabricante del producto.

Tipo de captador solar	Volumen de fluido caloportador en el captador (L)	numero de captadores	Volumen total en captadores (L)
Captador tipo vertical	1,95	15	29,25

Tabla 23. Volumen de fluido caloportador contenido en captadores solares

Tipo de acumulador	volumen de fluido caloportador en el acumulador (L)	numero de acumuladores	Volumen en acumuladores (L)
interacumulador combinado con un intercambiador	93	2	186
			0
		Volumen total en acumuladores (L)	186

Tabla 24. Volumen de fluido caloportador contenido en interacumuladores del circuito primario.

Tramo	Longitud (mm)	D _{nominal} (mm)	Volumen de fluido caloportador en tramo (L)
L ₁	15631,000	25,400	7,920
L ₂	150,000	25,400	0,076
L ₃	2608,000	25,400	1,321
L ₄	250,000	25,400	0,127
L ₅	2758,000	25,400	1,398
L ₆	3376,000	25,400	1,711
L ₇	868,000	25,400	0,440
L ₈	2508,000	25,400	1,271
L ₉	868,000	25,400	0,440
L ₁₀	4695,000	25,400	2,379
L ₁₁	3850,000	25,400	1,951
L ₁₂	0,000	0,000	0,000
Volumen total en tuberías (L)			19,03

Tabla 25. Volumen de fluido caloportador en tuberías

Con la información obtenida por las tablas se calculara el volumen total del fluido caloportador del circuito primario, el cual resulta de:

Volumen total de fluido en el circuito primario = 29,25 + 186 + 19,03 = **234,28 litros.**

El paso a seguir es el de calcular el coeficiente de expansión del fluido caloportador con una temperatura del fluido de 58° C como máximo que deberá alcanzar el sistema y se obtiene de la relación:

$$Ce = (-2708,3 + 102,13t + 3,24t^2) * 10^{-6} \quad (\text{tomada de bibliografía 1})$$

Donde: Ce = coeficiente de expansión
t = temperatura máxima que alcanzara el sistema solar térmico (°C)

Aplicable para un rango de temperatura de 30° C a 210° C y agua sin ningún aditivo anticongelante, por lo tanto el Ce resulta de:

$$C_e = 0,0141$$

Ahora se calculara el coeficiente de presión del vaso de expansión, para ello se debe definir la presión mínima en el vaso de expansión el cual será de 0,2 bar (según lo recomendado para sistemas a temperaturas inferiores a 90° C) y la presión máxima que tendrá un valor de 6 bar la cual no supera la presión máxima de todos los elementos que componen el circuito primario.

Con estos datos se tiene que el Cp es de:

$$C_p = \frac{P_M}{(P_M - P_m)} \quad \text{Donde:} \quad P_M = \text{presión máxima en el vaso (bar)}$$
$$P_m = \text{presión mínima en el vaso (bar)}$$

$$C_p = \frac{6}{(6 - 0,2)} = 1,0345$$

Y el volumen total V_t del vaso de expansión se obtiene por la relación:

$$V_t = (V \cdot C_e + V_{\min} + V_{\text{vap}}) \cdot C_p \quad \text{Donde: } V = \text{contenido total de fluido en el circuito (l)}$$
$$V_{\min} = \text{volumen mínimo que debe contener el vaso de expansión a la temperatura mas baja (l)}$$
$$V_{\text{vap}} = \text{volumen de fluido que puede vaporizarse (l)}$$

El volumen de vaporización es prácticamente el volumen contenido en los captadores solares es decir, **29,25 litros**.

El volumen mínimo que debe contener el vaso de expansión cuando se de la mínima temperatura del sistema se obtiene de la siguiente forma:

Primero se calcula el volumen de fluido caloportador que se reduce en el circuito primario con la mínima temperatura que se da en el sistema, siendo esta como mínimo de 45° C que es la temperatura del acumulador final, y es la temperatura mínima que se tomara para el calculo, con la máxima de 58° C y un volumen máximo igual al contenido en todo el circuito primario, es decir de 234,28 litros, lo que da un valor de:

$$\frac{V_{reducido}}{T_{min}} = \frac{V_{maximo}}{T_{maxima}}$$

$$\frac{V_{reducido}}{45^{\circ}\text{C} + 273,16} = \frac{234,28\text{l}}{58^{\circ}\text{C} + 273,16} \quad V_{reducido} = 225,08\text{l}$$

Por lo tanto el volumen mínimo que debe contener el vaso de expansión cerrado para evitar succiones de aire en el sistema es de:

$$V_{\text{minimo}} = 234,28 - 225,08 = \mathbf{9,2 \text{ litros}}$$

De donde resulta que el volumen total del vaso de expansión requerido para la instalación es de:

$$V_t = (234,28 * 0,0141 + 9,2 + 29,25) * 1,0345 = \mathbf{43,19 \text{ litros}}$$

Por lo que se selecciona:

- **1 vaso de expansión cerrado con diafragma de 60 litros marca GASAKOL 07510 con montaje al suelo**
- 1 válvula de servicio para vaso de expansión de 25,4 mm

5.8 CALCULO DEL SISTEMA DE APOYO CONVENCIONAL

Antes de iniciar el cálculo se pre-seleccionara una caldera de condensación **THEMA CONDES F25** con la siguiente información del fabricante:

Tiempo de preparación de ACS 60 minutos

Tiempo de reacción 10 segundos

El dato de partida es el caudal total de ACS en el complejo deportivo y según tablas, para una ducha el caudal que debe circular es de (ver bibliografía 3):

Duchas = 12 l/min

y ya que el complejo consta de 10 duchas, 5 de hombres y 5 de mujeres, el caudal total que circulara es de: $C_t = 120$ l/min.

La coincidencia en el consumo, es decir en el uso de las duchas, se denomina coeficiente de simultaneidad y se obtiene de la relación siguiente:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad \text{Donde:} \quad k_p = \text{coeficiente de simultaneidad}$$

$n =$ numero de puntos de consumo (duchas en el recinto)

Pero para el proyecto en cuestión se tomara como $k_p = 1$ ya que se asumirá el peor de los casos en el que las 10 duchas están siendo utilizadas al mismo tiempo.

El consumo de ACS en las horas pico se obtiene multiplicando el k_p por el consumo total de ACS, entonces resulta este de:

$$C = C_t * k_p$$

$$C = 120 * 1 = 120 \text{ l/min}$$

La potencia requerida de la caldera que se necesita instalar y el volumen de almacenamiento de ACS necesario se relaciona mediante la siguiente expresión:

$$h_p = \frac{V * 4,19 * (t_p - t)}{p * 60} \text{ Donde:}$$

h_p = tiempo preparación de ACS (min)

V = volumen de almacenamiento de ACS

t_p = temperatura de preparación de ACS en la caldera (°C)

t_{red} = temperatura del agua de red (°C)

p = potencia de la caldera (kw)

Con la temperatura de preparación de ACS de 58° C recomendada por el RITE para la prevención de la legionela y una temperatura de agua de red de 26° C (promedio de temperatura), además de un tiempo de preparación de agua de 60 min. Según dato de la caldera pre-seleccionado, se tiene:

$$60min = \frac{V * 4,19 * (58^{\circ}C - 26^{\circ}C)}{p * 60}$$

$$p = 0,03725V \text{ Ecuación a}$$

El consumo de punta (consumo de ACS en las horas pico) es también el caudal simultáneo que se demandara en el complejo deportivo y se relaciona de la siguiente manera:

$$C = \left[\frac{V * (t_p - t)}{(t_u - t)} \right] * e + \left[\frac{p * (h_c - h_r)}{4,19} * (t_u - t_e) \right] \quad (\text{Tomada de bibliografía 3})$$

Donde: t_u = temperatura de utilización de ACS (°C)

h_c = duración del consumo de ACS (seg)

h_r = tiempo de reacción del sistema (seg)
 e = eficacia del intercambiador.

Entonces para una $t_u = 45^\circ C$ y $h_c = 900$ seg, que es el tiempo promedio en el cual se ducha una persona, $h_r = 10$ seg, dato de la caldera preseleccionada y $e = 0,70$ se tiene el siguiente resultado:

$$120l/min = \left[\frac{V * (58^\circ C - 26^\circ C)}{(45^\circ C - 26^\circ C)} \right] * 0,70 + \left[\frac{P * (900s - 10)}{4,19} * (45^\circ C - 26^\circ C) \right]$$

$$120 = 1,1789V + 11,1795P \quad \text{Ecuación b}$$

Sustituyendo la ecuación a en la b se tiene:

$$V = 75,22 \text{ litros y } P = 2,8 \text{ kW}$$

Pero la potencia mas próxima de la caldera pre-selecciona es de 5,1 KW con lo que el volumen de acumulación es de:

$$V = 136,91 \text{ litros,}$$

Por lo tanto se selecciona:

- 1 caldera de condensación **THEMA CONDES F25 con una potencia útil de 5,1 KW, caudal específico de 14,6 l/min**
- 1 interacumulador de 160 litros marca **GASAKOL tipo serpentín sencillo** (ya había sido mencionado con anterioridad en el diseño de interacumuladores solares)
- 1 válvula mezcladora termostática de $30^\circ C - 60^\circ C$ con un diferencia de temperatura mínima para la mezcla de $15^\circ C$ marca **GASAKOL**

5.9 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Según el diagrama del sistema solar térmico diseñado, Para el sistema de control se selecciona:

- 1 centralita de control sunTronic 61/3 de 3 sensores y una salida, con tensión de 230 v.
- 1 sensor para registro de la intensidad de radiación solar.
- 3 sensores de temperatura para captadores solares.
- 3 sensores de temperatura para interacumuladores.

5.10 INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN, USO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO DEL COMPLEJO DEPORTIVO

5.10.1 INSTALACIÓN DEL SISTEMA

5.10.1.1 Instalación de captadores solares

- Conectar los captadores solares en baterías de cinco unidades.
- Recordar la conexión de captadores en retorno invertido según diagrama de diseño.
- Colocar los captadores solares verificando la distancia mínima a objetos.
- Colocar los captadores solares Verificando la distancia de separación entre filas.
- Orientar adecuadamente los captadores según el diseño de la instalación.
- Colocar los instrumentos de medición en lugares accesibles para que se pueda comprobar las variables de control.
- Colocar los colectores solares en los bastidores y con el ángulo de inclinación seleccionado.
- Recordar la instalación eléctrica de cada elemento de medición
- Las válvulas de seguridad deben colocarse en posición horizontal o vertical,

nunca invertidas.

- Los purgadores automáticos deben colocarse en la parte mas alta del captador solar, es decir la salida del fluido caloportador del mismo.

5.10.1.2 Instalación de intercumuladores

- Conectar los interacumuladores según la distancia y la forma especificada en el diagrama de diseño.
- Recordar la conexión de los interacumuladores en serie invertida ya que lo que interesa es mantener en todo momento el equilibrado del sistema.
- Colocar las válvulas de corte abiertas.
- Colocar las sondas de temperatura en los lugares correctos.
- Recordar la instalación eléctrica de cada elemento de medición.

5.10.1.3 Instalación del vaso de expansión

- El vaso de expansión debe colocarse en la aspiración de la bomba de circulación para evitar succiones de aire al sistema.
- El montaje del vaso es en el plano horizontal de la ubicación del sistema, debido a que según el fabricante del producto, para vasos de expansión con volumen mayor a 40 litros el montaje es en el suelo.
- Recordar llenar el vaso de expansión con el volumen mínimo que ha de contener según el cálculo de diseño.

5.10.1.4 Instalación de la bomba de circulación

- Colocar la bomba en el lugar indicado en la instalación.
- Recordar colocar las válvulas de corte antes y después de la bomba.
- Recordar la conexión eléctrica de la bomba.

5.10.1.5 Instalación de tuberías

- Las tuberías serán instaladas de forma ordenada utilizando, fundamentalmente, tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio. Se tendrán en cuenta las pendientes que deban utilizarse.
- Las tuberías se instalarán lo más próximo posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. Salvo excepciones debidamente justificadas, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.
- Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadros o motores.
- Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.
- Las conexiones de componentes al circuito deberían ser fácilmente desmontables por bridas o racores con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

5.10.1.6 Instalación de caldera de apoyo

- Colocar la caldera en el apoyo que trae la misma diseñada por el fabricante.
- Las conexiones de las tuberías deben ser las recomendadas por el fabricante.
- Recordar instalar la caldera según la distancia especificada en el diagrama de la instalación.
- Recordar la conexión eléctrica de la caldera

5.10.2 USO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO

5.10.2.1 Llenado del sistema

- Abrir los purgadores automáticos situados en los captadores solares.

- Abrir totalmente todas las válvulas del circuito.
- Llenar el circuito primario con el fluido caloportador, iniciando desde la ubicación del caudalímetro.
- Comprobar el caudal que circulara por el circuito y ajustarlo al caudal de diseño del sistema.
- Realizar el tarado de las válvulas de seguridad a la presión de 6 bar
- Verificar que el vaso de expansión tenga el volumen mínimo de fluido caloportador.
- Poner en marcha la bomba en la velocidad 1 y comprobar si el caudal indicado por el caudalímetro es superior o inferior al necesario.
 - a) Si es inferior: Aumentar la velocidad de la bomba y volver a comprobarlo
 - b) Si es superior: Calibrar el caudal desde el regulador de la bomba utilizando un destornillador, ajustar el paso hasta que el caudalímetro indique el caudal necesario.

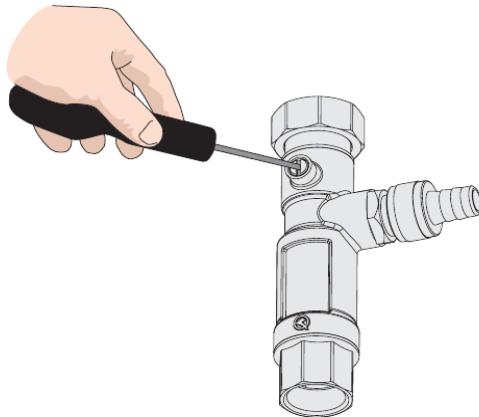


Figura 38. Calibración del caudal del circuito

- Una vez realizado el llenado cerrar las válvulas de corte de los purgadores.
- Instalada la válvula mezcladora, retirar la tapa de la misma.
- Ajustar la temperatura de salida de la válvula mezcladora, girando el cartucho de la válvula con la llave específica que se suministra, girando en sentido de las manecillas del reloj para disminuir la temperatura y en sentido contrario para aumentarla.

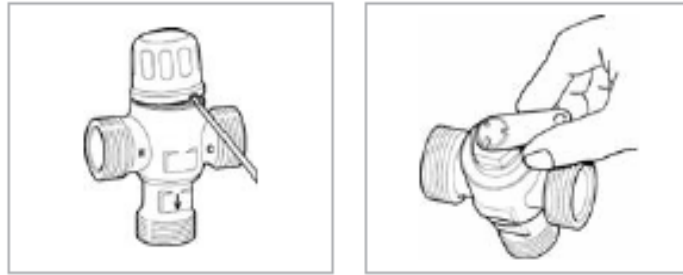


Figura 39. Ajuste de temperatura de la válvula mezcladora.

- Una vez alcanzada la temperatura de salida deseada, se realizara 3 cortes de suministro de agua caliente y fría alternativamente. de esta forma el pistón se desplazara en todo su recorrido y se asegurara su correcto funcionamiento.
- Re colocar la tapa de la válvula mezcladora.
- Ajustar los valores de temperatura y presión necesarios en el sistema de control (temperatura mínima del sistema 45° C, temperatura máxima del sistema 58° C, presión mínima del sistema 0,2 bar, presión máxima del sistema 6 bar, presión de trabajo del sistema 0,769 bar).
- Ajustar la temperatura necesaria en la caldera de apoyo
- Las válvulas de seguridad están diseñadas para activarse en caso de que el sistema sobrepase la presión de tarado de la misma.

5.10.2.2 Manejo del sistema de control.

- La pantalla grande de la centralita de control contiene todos los símbolos de información importantes y un área de texto explicativo. La navegación con las teclas de las coordenadas está ajustada al desarrollo de la visualización.

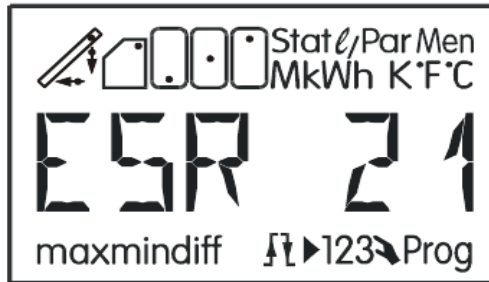


Figura 40. Pantalla de la centralita de control.

- ← → = Teclas de navegación para seleccionar el símbolo y modificar los parámetros.
- ↓ = Entrada en el menú, liberación de un valor para modificarlo con las teclas de navegación.
- ↑ = Retroceso desde el último nivel de menú seleccionado, salida de la parametrización de un valor.
- En el manejo normal, las teclas laterales ← → son las teclas de navegación para seleccionar la visualización deseada, como por ejemplo, la temperatura del colector o del acumulador. Con cada pulsación de las teclas aparece otro símbolo y la temperatura correspondiente. En la visualización básica (nivel básico) sólo está permitido, en función del número de programa, la selección de los símbolos de la línea de pantalla superior.

5.10.2.3 Manejo de la caldera de apoyo.

- Las excelentes prestaciones que proporciona esta caldera pueden controlarse de una manera clara y fácil por parte del usuario.
- Además de los botones, que de un modo intuitivo permiten realizar las funciones más básicas (encendido/apagado, selección del modo de funcionamiento, ajustes de temperatura de calefacción y agua caliente, etc.), su pantalla digital informa sobre temperaturas, presiones y posibles fallos de funcionamiento (auto diagnóstico).

- Junto con el resto de elementos del panel, permite al servicio técnico configurar la caldera.
- Actuando sobre los mandos se obtiene de forma sencilla el confort deseado. Simple y rápido.



Figura 41. Panel de control de la caldera de condensación.

5.10.3 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO

Para garantizar el funcionamiento del sistema solar sin interrupción realizar los puntos siguientes por lo menos cada 2 años.

- Controlar el valor ph del fluido caloportador con un indicador.
- Presión del sistema solar: Controlar la presión de servicio con el manómetro. En los sistemas solares que ha sido llenados recientemente una pérdida de la presión es posible. Después el sistema solar no puede perder presión. La presión de servicio normal varía con la temperatura de 0,2 a 6 bar.
- Sistema no es hermético, hay que repararlo urgentemente.
- Ánodo de protección contra la corrosión en el depósito: Para proteger el depósito contra la corrosión se colocan ánodos de magnesio. Deben controlarse regularmente, porque los ánodos se gastan. Además es necesario controlar las regulaciones, los soportes e instalaciones de seguridad regularmente. ¡Atención! A temperaturas muy altas en los colectores hay también temperaturas muy altas en el separador solar. ¡Peligro de quemaduras!

- Apagar el sistema solar: Para apagar el sistema solar tirar del enchufe de la regulación. ¡Atención! En caso de estancamiento hay temperaturas muy altas en los colectores y presión muy alta en el sistema solar.
- Puesta en servicio después de apagar el sistema solar: El sistema solar trabaja sin intervenciones del usuario y siempre que este óptimamente ajustado a las condiciones de servicio. Por eso no deben cambiarse los parámetros de la regulación.
- Si al revisar el sistema solar, esta en estancamiento causado por una interrupción, es suficiente encender la regulación respectivamente conectar con la red eléctrica. Todas las funciones ajustadas funcionan automáticamente. ¡Las configuraciones no desaparecen!
- Después un periodo largo es necesario controlar si el volumen de fluido calorportador ha salido por la válvula de seguridad, la presión solamente en casos excepcionales puede mermar a causa de temperaturas de estancamiento muy altas.
- Recordar que el sistema no debe funcionar durante el periodo vacacional (15 de Diciembre a 15 de enero) y en otro periodos de tiempo muy prolongados en los que el sistema solar no preste su servicio, en este periodo debe taparse los colectores solares de modo que no reciban radiación para evitar el sobrecalentamiento en los mismos y dañar es sistema.

El plan de mantenimiento se realizara según se indica en el CTE-HE 4 en su plan de vigilancia y plan de mantenimiento preventivo, además del mantenimiento para la prevención de la legionelosis según el real decreto 865/2003.

5.11 NORMAS DE SEGURIDAD

5.11.1 Captadores solares

a) Contra corrosión:

- La principal medida de protección de la instalación solar sera no utilizar materiales de distinta especie, como por ejemplo acero y latón o acero y cobre.
- Para evitar las incrustaciones y corrosión, la elección de adecuada calidad de agua a de ser una de las medidas de suma importancia a la hora de realizar la instalación. Se recomienda que la calidad del agua se encuentre comprendida o se encuentre dentro de siguientes valores:

Dureza entre 70 y 150 mg/lCaCO₃

PH entre 7,5 y 9

<100mg/l de sulfatos

<10mg/l de dióxido de carbono libre

<0,2mg/l de hierro

<0,1mg/l de manganeso

<20mg/l de sustancias sólidas

<100 mg/l de cloruros

b) Contra heladas

- En las zonas donde existe riesgo de heladas, temperaturas mínimas por debajo de 0° C, se recomienda que el fluido de trabajo lleve una concentración de anticongelante necesaria para proteger la instalación 5° C por debajo de la mínima histórica.
- El anticongelante debe cumplir siguientes condiciones:
 - Preferible con color para detectar fugas
 - No corrosivo en contacto con los materiales que componen el circuito

- Soportar hasta 160° C sin deteriorarse

c) Contra sobrecalentamiento

- En el caso de alta radiación solar y poca demanda/consumo: ajustar la superficie del campo de captadores
- Captadores almacenados y expuestos a la radiación solar: proteger de la radiación directa
- Captadores instalados pero sin puesta en la marcha de la instalación: vaciar la instalación, impedir entrada de la suciedad o de sólidos y proteger los captadores de la radiación directa.

5.11.2 Sistema de control

El aparato está fabricado según el estado más avanzado de la técnica y cumple con todas las normas de seguridad. Su aplicación se tiene que realizar sólo conforme a los datos técnicos, así como conforme a las normas legales y a las normas de seguridad que se detallan a continuación.

- Durante la aplicación del aparato hay que tener en cuenta, además, las normas legales y de seguridad específicas para cada aplicación.
- Un funcionamiento seguro no queda garantizado si el aparato
 - a) Muestra desperfectos visibles.
 - b) Ya no funciona.
 - c) Se ha almacenado durante un largo periodo bajo condiciones desfavorables.Si éste fuera el caso, desconecte el aparato y asegúrelo contra una re conexión involuntaria.

5.12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
Captador solar GASAKOL sunnySol UP – V de 4 racor	15,00	616,00	9240,00
Interacumulador marca GASAKOL hygenio 690520 tipo HGRR con un intercambiador solar, de capacidad 2000 litros.	2,00	4589,00	9178,00
Interacumulador tipo serpentín sencillo GASAKOL hidroSmalt R 160, con capacidad de 160 litros.	1,00	799,10	799,10
Bomba circuladora ST 25/7 7-30 l/min	1,00	1489,00	1489,00
vaso de expansión cerrado con diafragma de 60 litros marca GASAKOL 07510 con montaje al suelo	1,00	225,00	225,00
Regulación solar sunTronic 61/3 de 3 sensores y 1 salida	1,00	195,00	195,00
Caldera de condensación THEMA CONDES F25 con una potencia útil de 5,1 KW, caudal específico de 14,6 l/min	1,00	1022,62	1022,62
		Subtotal sin IVA	22148,72

ACCESORIOS DE LA INSTALACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
Perfil de montaje para captador de aluminio	15,00	27,50	412,50
Bastidor de montaje para un captador	15,00	235,00	3525,00
Fijación de bastidor con tornillo prisionero	15,00	29,00	435,00
Purgadores automáticos con válvula de corte	6,00	6,86	41,16
Kit de conexión ciega para captadores	3,00	37,90	113,70
Racor de conexión entre captadores	24,00	13,00	312,00
Válvulas de seguridad a membrana	3,00	7,47	22,41
Válvulas de corte de 25,4 mm	14,00	28,35	396,90
Tubería de cobre liso de 25,4 mm de diámetro	53,00	7,10	376,30
Codo de 90°, cobre 25,4 mm	34,00	2,80	95,20
Racor Te de 25,4 mm	5,00	13,90	69,50
Válvula separadora de aire para vaso de expansión, diámetro 25,4 mm con aislamiento	1,00	82,80	82,80
Mezclador termostático para agua de servicio gama 35° C a 60° C de 25,4 mm diámetro	1,00	67,00	67,00
Aislante AIROLINE AEROFLEX KKS/SAPT con un diámetro interior de 28 mm y un espesor de 25 mm (metro)	53,00	15,55	824,15
Racor Te colocación de sonda en interacumulador, 25,4 mm	3,00	13,90	41,70
Sensor para registro de la intensidad de radiación solar	1,00	42,20	42,20
Sensores de temperatura para captadores solares	3,00	22,50	67,50
Sensor de temperatura para interacumuladores	3,00	14,80	44,40
Caudalímetro solar de 10-40 l/min, 25,4 mm diámetro	1,00	199,00	199,00
Instalación eléctrica	1,00	50,00	50,00
		Subtotal sin IVA	7218,42

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
Elaboración del proyecto	1,00	0,00	1464,66
Instalación eléctrica (por hora de trabajo)	2,00	50,00	100,00
Subtotal sin IVA			1564,66

	EUROS	DOLARES \$
INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO SIN IVA INCLUIDO	30857,96	40115,35
INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO CON IVA INCLUIDO	35795,24	46533,81

Tasa de cambio 1 Euro = 1,3 Dólares

5.12.1 Resumen del presupuesto del proyecto

La instalación solar térmica del complejo deportivo se divide en tres circuitos, cada uno con diferentes accesorios y se describen a continuación en detalle para cada uno en la instalación.

5.12.1.1 Circuito primario.

Este circuito se compone de:

- 15 captadores solares con un precio por unidad de 616,00 euros.
- 10 válvulas de cierre de cobre con un precio por unidad de 28,35 euros.
- 3 válvulas de seguridad de membrana con un precio por unidad de 7,47 euros.
- 17 codos de 90° con un precio por unidad de 2,80 euros.
- 4 racor Te con un precio por unidad de 13,90 euros.
- 37,56 metros de Tubería de cobre de 25,4 mm de diámetro con un precio por

metro de longitud de 7,10 euros.

- 38,00 metros de aislamiento AIROLINE AIROFLEX con un precio por metro de longitud de 15,55 euros.
- 2 interacumuladores de 2000 litros de capacidad con un precio por unidad de 4589,00 euros.
- 1 bomba de circulación con un precio de 1489,00 euros.
- 1 vaso de expansión de 60 litros con un precio por unidad de 225,00 euros.
- 1 sensor de temperatura de interacumulador con un precio por unidad de 14,80 euros.
- 1 sensor de temperatura de captadores solares con un precio por unidad de 22,50 euros.
- 1 centralita de control de 3 entradas y 1 salida con un precio de 195,00 euros.

5.12.1.2 Circuito secundario

- 1 caldera de condensación de apoyo THEMA CONDES F25 con un precio por unidad de 1022,62 euros.
- 1 interacumulador de 160 litros con un precio por unidad de 799,10 euros.
- 8 codos de 90º grados de 25,4 mm de diámetro con un precio por unidad de 2,80 euros.
- 3,32 metros de tubería de cobre de 25,4 mm de diámetro con un precio por metro de longitud de 7,10 euros.
- 4,00 metros de aislamiento AIROLINE AIROFLEX con un precio por metro de longitud de 15,55 euros.
- 1 sensor de temperatura de interacumulador con un precio por unidad de 14,80 euros.

5.12.1.3 Circuito de conexión del circuito primario-secundario

- 8 codos de 90º de 25,4 mm de diámetro con un precio por unidad de 2,80 euros.

- 10,67 metros de tubería de cobre de 25,4 mm de diámetro con un precio por metro de longitud de 7,10 euros.
- 11,00 metros de aislamiento AIROLINE AIROFLEX con un precio por metro de longitud de 15,55 euros.

5.12.1.4 Costos del proyectista

El costo de elaboración del proyecto tiene un valor del 5 % de la inversión total y es igual a 1464,66 Euros.

Todos los precios que aquí se indican en cada elemento del sistema solar térmico no incluye IVA.

La suma total a invertir en la realización del proyecto sin incluir el Impuesto al Valor Agregado es de **treinta mil ochocientos cincuenta y siete Euros con noventa y seis céntimos.**

Con IVA incluido resulta una inversión de **treinta y cinco mil setecientos noventa y cinco euros con veinte y cuatro céntimos.**

6.0 BIBLIOGRAFÍA

1. “Energía solar térmica”.

Autores: Bureau Veritas Formación, Javier María Méndez Muñiz, Rafael Cuervo García.
Editorial Fundación Confemetal, 2º edición año 2009.

2. “Energía solar térmica para instaladores”.

Autor: M. Carlos Tobajas Vázquez.
Editorial Ediciones Ceysa, 1º edición año 2005.

3. “Energía solar térmica en la edificación”.

Autores: José María Fernández Salgado y Vicente Gallardo Rodríguez.
Editorial A. Madrid Vicente, ediciones. 1º edición en español año 2004.

4. “Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas”.

Autor: Claudio Mataix
Ediciones del Castillo S.A Madrid. 2º edición año 1993.

5. “Mecánica de fluidos aplicada”.

Autor: Robert L. Mott.
Ediciones PEARSON, 4º edición año 1996.

6. “Termodinámica”.

Autores: Yunus A. Cengel y Michael A. Boles.
6º edición.

7. “Transferencia de calor”.

Autores: Yunus A. Cengel y Michael A. Boles.
2º edición.

7.0 REFERENCIAS

Sitios web

1.<http://www.estucurso.com/cursos/electricidad/elaboracion-de-proyectos-de-instalaciones-de-energía-solar-térmica-3-2-13107>

2.http://html.rincondelvago.com/energía-solar_15.html

3.<http://www.dforcesolar.com/energía-solar/los-colectores-solares/>

4.<http://www.galeon.com/energiasolar/>

5.http://solar-instruments.es/index_archivos/Page2894.htm

6.<http://www.energiasolartermica.biz/tag/paneles-solares/>

http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen

7.<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/analisis/elsalva/capit1.html>

zonas climáticas de El salvador según altura.

8.<http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima/climatologico/>

9.http://www.rree.gob.sv/sitio/sitiowebree.nsf/pages/selsalvador_perfilpais

Ministerio de relaciones exteriores de El Salvador

10.<http://maps.google.es/maps/ms?msa=0&msid=116473673766273897996.000474d4194817332955b&iwloc=000474d41a80a0d061910&hl=es&gl=es&ved=0CFMQnAUwAg&sa=X&ei=qb6jS579HZO9jAeb54TtCg> mapa de la ubicación del proyecto.

[11.http://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.htm](http://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.htm)

Sitio web del SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales)

[12.http://clima.meteored.com/clima-en-el+salvador+intl.+a-786660-2009-Enero.html](http://clima.meteored.com/clima-en-el+salvador+intl.+a-786660-2009-Enero.html)

Temperatura ambiente de la ciudad de San Salvador.

[13.http://fotovoltaica.com/cen_fchart/cen_fchart.htm](http://fotovoltaica.com/cen_fchart/cen_fchart.htm)

Simulador del calculo por el método F-CHART

[14.http://www.agidrovert.com/catalogos.htm](http://www.agidrovert.com/catalogos.htm)

Catalogo de componentes de sistemas solares térmicos

[15.http://www.snet.gob.sv/meteorologia/ff012006.htm](http://www.snet.gob.sv/meteorologia/ff012006.htm)

Temperatura mínima histórica registrada en la ciudad de San Salvador.

[16.http://www.snet.gob.sv/Geologia/pcbbase2/tabla2.php?estacionid=4¶metroid=SR&fecha=2010-04-02](http://www.snet.gob.sv/Geologia/pcbbase2/tabla2.php?estacionid=4¶metroid=SR&fecha=2010-04-02)

Radiación solar según estación 4 de SNET

8.0 ANEXOS

8.1 Código técnico de la edificación, documento básico HE-4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”.

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

1 Esta Sección es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

2 La contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica que se desarrolla en esta Sección, podrá disminuirse justificadamente en los siguientes casos:

- a) cuando se cubra ese aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio.
- b) cuando el cumplimiento de este nivel de producción suponga sobrepasar los criterios de cálculo que marca la legislación de carácter básico aplicable.
- c) cuando el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo.
- d) en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable.
- e) en edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria.
- f) cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

3 En edificios que se encuentren en los casos b), c) d), y e) del apartado anterior, en el proyecto, se justificará la inclusión alternativa de medidas o elementos que produzcan un ahorro energético térmico o reducción de emisiones de dióxido de carbono, equivalentes a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar, respecto a los requisitos básicos que fije la normativa vigente, realizando mejoras en el aislamiento térmico y rendimiento energético de los equipos.

1.2 Procedimiento de verificación

1 Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia que se expone a continuación:

- a) obtención de la contribución solar mínima según el apartado 2.1.
- b) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.
- c) cumplimiento de las condiciones de mantenimiento del apartado 4.

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias:

1 Las contribuciones solares que se recogen a continuación tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor o como consecuencia de disposiciones dictadas por las administraciones competentes.

2.1 Contribución solar mínima

1 La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas 2.1 y 2.2 se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 60 °C, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:

- a) general: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural, u otras.
- b) efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

2 En la tabla 2.3 se indica, para cada zona climática la contribución solar mínima anual para el caso de la aplicación con climatización de piscinas cubiertas.

Tabla 2.3. Contribución solar mínima en %. Caso Climatización de piscinas

Piscinas cubiertas	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
Piscinas cubiertas	30	30	50	60	70

3 En el caso de ocupaciones parciales de instalaciones de uso residencial turístico de las recogidas en el apartado 3.1.1, se deben detallar los motivos, modificaciones de diseño, cálculos y resultados tomando como criterio de dimensionado que la instalación deberá aproximarse al máximo al nivel de contribución solar mínima. El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100 % y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50 % por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.

4 Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:

- a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos

específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario).

b) tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedente térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador).

c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento.

d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

5 En el caso de optarse por las soluciones b) y c), dentro del mantenimiento deben programarse las operaciones a realizar consistentes en el vaciado parcial o tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas operaciones se realizarán una antes y otra después de cada periodo de sobre producción energética. No obstante se recomiendan estas soluciones solo en el caso que el edificio tenga un servicio de mantenimiento continuo.

6 Cuando la instalación tenga uso de residencial vivienda y no sea posible la solución d) se recomienda la solución a).

7 Adicional mente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos.

8 La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 2.4.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

9 En la tabla 2.4 se consideran tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con en fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

10 En todos los casos se han de cumplir las tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores obtenidos con orientación e inclinación óptimos y sin sombra alguna.

11 Se considerará como la orientación optima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- a) demanda constante anual: la latitud geográfica;
- b) demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10 °
- c) demanda preferente en verano: la latitud geográfica – 10 °

12 Sin excepciones, se deben evaluar las pérdidas por orientación e inclinación y sombras de la superficie de captación de acuerdo a lo estipulado en los apartados 3.5 y 3.6. Cuando, por razones arquitectónicas excepcionales no se pueda dar toda la contribución solar mínima anual que se indica en las tablas 2.1 , 2.2 y 2.3 cumpliendo los requisitos indicados en la tabla 2.4, se justificará esta imposibilidad, analizando las distintas alternativas de configuración del edificio y de ubicación de la instalación, debiéndose optar por aquella solución que de lugar a la contribución solar mínima.

3 Cálculo y dimensionado

3.1 Datos previos

3.1.1 Cálculo de la demanda

1 Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla (Demanda de referencia a 60 °C).

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2) con los valores de $T_1 = 12^\circ\text{C}$ (constante) y $T = 45^\circ\text{C}$.

2 Para el caso de que se elija una temperatura en el acumulador final diferente de 60 °C, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60 °C. No obstante, la demanda a considerar a efectos de cálculo, según la temperatura elegida, será la que se obtenga a partir de la siguiente expresión:

$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T) \quad (3.1)$$

$$D_i(T) = D_i(60^\circ \text{C}) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right) \quad (3.2)$$

siendo

- D(T) Demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida;
 D_i(T) Demanda de agua caliente sanitaria para el mes _i a la temperatura T elegida;
 D_i(60 °C) Demanda de agua caliente sanitaria para el mes _i a la temperatura de 60 °C;
 T Temperatura del acumulador final;
 T_i Temperatura media del agua fría en el mes _i.

3 Para otros usos se tomarán valores contrastados por la experiencia o recogidos por fuentes de reconocida solvencia.

4 En el uso residencial vivienda el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

5 Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas caloríficas en distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo.

6 Para el cálculo posterior de la contribución solar anual, se estimarán las demandas mensuales tomando en consideración el número de unidades (personas, camas, servicios, etc...) correspondientes a la ocupación plena, salvo instalaciones de uso residencial turístico en las que se justifique un perfil de demanda propio originado por ocupaciones parciales.

7 Se tomarán como perteneciente a un único edificio la suma de demandas de agua caliente sanitaria de diversos edificios ejecutados dentro de un mismo recinto, incluidos todos los servicios. Igualmente en el caso de edificios de varias viviendas o usuarios de ACS, a los efectos de esta exigencia, se considera la suma de las demandas de todos ellos.

8 En el caso que se justifiquen un nivel de demanda de ACS que presente diferencias de más del 50 % entre los diversos días de la semana, se considerará la correspondiente al día medio de la semana y la capacidad de acumulación será igual a la del día de la semana de mayor demanda.

9 Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto, la temperatura seca del aire del local será entre 2 °C y 3 °C mayor que la del agua, con un mínimo de 26 °C y un máximo de 28 °C, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55% y el 70%, siendo recomendable escoger el valor de 60%.

3.1.2 Zonas climáticas

1 En la figura 3.1 y en la tabla 3.2 se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

Tabla 3.2 Radiación solar global

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

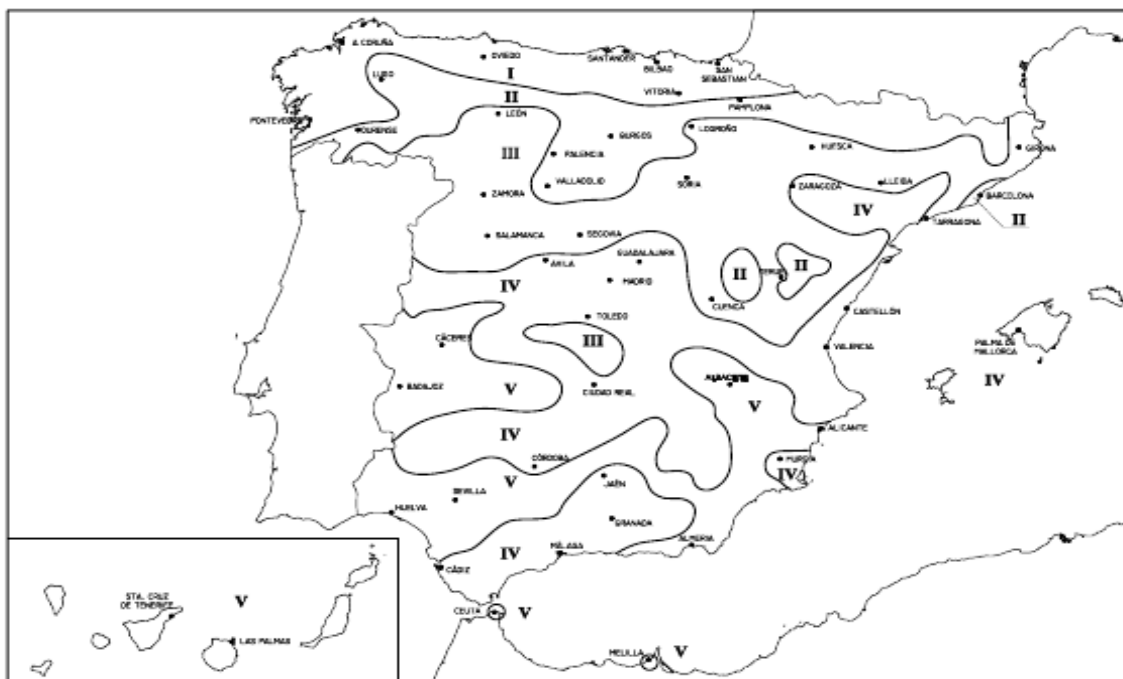


Fig. 3.1. Zonas climáticas

Tabla 3.3 Zonas climáticas

A CORUÑA	Arteixo	I	PETRER	Petrer	IV	BARCELONA	Badalona	II	
	Carballo	I		San Vicente del Raspelg	V		Barbera del valles	II	
	A Coruña	I		Torrevejuna	V		Barcelona	II	
	Ferrol	I		Villajoyosa	IV		Castelldefels	II	
	Naron	I		Villena	IV		Cerdanyola del Valles	II	
	Oleiros	I		ALMERIA	Adra		V	Cornella de Llobregat	II
	Riveira	I			Almería		V	Gava	II
	Santiago de compostela	I			El Ejido		V	Granollers	III
		Roquetas de mar	V		L'Hospitalet de Llobregat		II		
ALAVA	Vitoria-Gasteiz	I	ASTURIAS	Aviles	I		Igualada	III	
ALBACETE	Albacete	V		Castrillon	I		Manresa	III	
	Almansa	V		Gijón	I		El Masnou	II	
	Hellin	V		Langreo	I		Mataro	II	
	Villarrobledo	IV		Mieres	I		Mollet del Valles	II	
ALICANTE	Alcoy	IV		Oviedo	I		Montcada i	II	
	Alicante	V	San Martín del rey Aurelio	I	El Prat de Llobregat		II		
	Benidorm	IV	Siero	I	Premia de mar	II			
	Crevillent	V	AVILA	Ávila	IV	Ripollet	II		
	Denia	IV		BADAJOZ	Almendralejo	V	Rubi	II	
	Elche	V	Badajoz		V	Sabadell	III		
	Elda	IV	Don Benito		V	Sant Adria de Besos	II		
	Ibi	IV	Mérida		V				
	Javea	IV	Villanueva de la Serena		V				
	Novelda	IV							
Orihuela	IV								

	Sant Boi de Llobregat	II	Córdoba	IV		San Andres del Rabanedo	III
	Sant Cugat del Valles	II	Lucena	V	LUGO	Lugo	II
	Sant Feliu de Llobregat	II	Montilla	V	LLEIDA	Lleida	III
	Sant Joan Despi	II	Priego de Córdoba	V	MADRID	Alcalá de Henares	IV
	Sant Pere de Ribes	II	Puente Genil	V		Alcobendas	IV
	Sant Vicenç dels Horts	II	CUENCA	Cuenca	III	Alcorcón	IV
	Santa Coloma de Gramenet	II	GIRONA	Blanes	III	Aranjuez	IV
	Terrassa	III		Figueres	III	Arganda del Rey	IV
	Vic	III		Girona	III	Colmenar Viejo	IV
	Viladecans	II		Olot	III	Collado Villalba	IV
	Vilafranca del Penedes	II		Salt	III	Coslada	IV
	Vilanova i la Geltru	II	GRANADA	Almuñecar	IV	Fuenlabrada	IV
BURGOS	Aranda de Duero	II		Baza	V	Getafe	IV
	Burgos	II		Granada	IV	Leganes	IV
	Miranda de Ebro	II		Guadix	IV	Madrid	IV
CACERES	Cáceres	V		Loja	IV	Majadahonda	IV
	Plasencia	V		Motril	V	Mostoles	IV
CADIZ	Algeciras	IV	GUADALAJARA	Guadalajara	IV	Parla	IV
	Arcos de la Frontera	V	GUIPUZCOA	Arrasate o Mondragon	I	Pinto	IV
	Barbate	IV		Donostia-San Sebastian	I	Pozuelo de Alarcon	IV
	Cadiz	IV		Eibar	I	Rivas-Vaciamadrid	IV
	Chiclana de la frontera	IV		Errenteria	I	Las Rozas de Madrid	IV
	Jerez de la Frontera	V		Irun	I	MADRID	San Fernando de Henares
	La Línea de la Concepción	IV	HUELVA	Huelva	V		San Sebastian de los Reyes
	El Puerto de Santa Maria	IV	HUESCA	Huesca	III		Torrejon de Ardoz
	Puerto Real	IV	ILLES	Calvia	IV		Tres Cantos
	Rota	V	BALEARS	Ciudadella de Menorca	IV		Valdemoro
	San Fernando	IV		Eivissa	IV	MALAGA	Antequera
	San Roque	IV		Inca	IV		Benalmadena
	Sanlucar de Barrameda	V		Liucmajor	IV		Estepona
	CANTABRIA	Camargo	JAEN	Mahon	IV		Fuengirola
		Santander		Manacor	IV		Malaga
		Torrelavega		Palma de	IV		Marbella
	CASTELLON	Burriana		Santa Eulalia del Río	IV		Mijas
		Castellon de la Plana		Alcalá la Real	IV		Rincón de la Victoria
		La Vall d'Uixó		Andujar	V		Ronda
		Vila-Real		Jaén	IV		Torremolinos
		Vinaroz		Linares	V		Velez-Málaga
CEUTA	Ceuta	V		Martos	IV	MELILLA	Melilla
	CIUDAD REAL	Alcazar de San Juan		Úbeda	V	MURCIA	Águilas
		Ciudad Real	LA RIOJA	Logroño	II		Alcantarilla
		Puertollano	LAS PALMAS	Arrecife	V		Alcantarilla
		Tomelloso		Arucas	V		Caravaca de la Cruz
		Valdepeñas		Galdar	V		Cartagena
	CORDOBA	Baena		Ingenio	V		Cieza
		Cabra		Las Palmas de Gran Canaria	V		Jumilla
			LEON	San Bartolome de Tirajana	V		Lorca
				Santa Lucia	V		Molina de Segura
				Telde	V		Murcia
				León	III		Torre-Pacheco
				Ponferrada	II		

	Totana	V		Carmona	V		Carcaixent	IV
	Yecla	V		Coria del Río	V		Catarroja	IV
NAVARRA	Barañain	II		Dos Hermanas	V		Cullera	IV
	Pamplona	II		Ecija	V		Gandia	IV
	Tudela	III		Lebrija	V		Manises	IV
OURENSE	Ourense	II		Mairena del Aljarafe	V		Mislata	IV
PALENCIA	Palencia	II		Morón de la Frontera	V		Oliva	IV
PONTEVEDRA	Cangas	I		Los Palacios y Villafraanca	V		Ontinyent	IV
	A Estrada	I		La Rinconada	V		Paterna	IV
	Lalin	I		San Juan de Aznalfarache	V		Quart de poblet	IV
	Marín	I		Sevilla	V		Sagunto	IV
	Pontevedra	I		Utrera	V		Sueca	IV
	Redondela	I					Torrent	IV
	Vigo	I					Valencia	IV
	Vilagarcía de Arousa	I	SORIA	Soria	III	VALLADOLID	Xativa	IV
							Xirivella	IV
SALAMANCA	Salamanca	III	TARRAGONA	Reus	IV		Medina del Campo	III
SANTA CRUZ DE TENERIFE	Arona	V		Tarragona	III		Valladolid	II
	Icod de los Vinos	V		Tortosa	IV	VIZCAYA	Barakaldo	I
	La Orotava	V		Valls	IV		Basauri	I
	Puerto de la Cruz	V		El Vendrell	III		Bilbao	I
	Los Realejos	V	TERUEL	Teruel	III		Durango	I
SANTA CRUZ DE TENERIFE	San Cristobal de Tenerife	V					Erandio	I
	Tacoronte	V	TOLEDO	Talavera de la Reina	IV		Galdakao	I
				Toledo	IV		Getxo	I
SEGOVIA	Segovia	III	VALENCIA	Alaquas	IV		leioa	I
				Aldaia	IV		Portugalete	I
SEVILLA	Alcala de Guadaira	V		Algemesi	IV		Santurtzi	I
	Camas	V		Alzira	IV	ZAMORA	Sestao	I
				Burjassot	IV		Zaragoza	IV

3.2 Condiciones generales de la instalación

3.2.1 Definición

1 Una instalación solar térmica está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo y, por último almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores, o bien transferirla a otro, para poder utilizarla después en los puntos de consumo. Dicho sistema se complementa con una producción de energía térmica por sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrada dentro de la misma instalación.

2 Los sistemas que conforman la instalación solar térmica para agua caliente son los siguientes:

- a) un sistema de captación formado por los captadores solares, encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula por ellos.
- b) un sistema de acumulación constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precisa su uso.
- c) un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación;
- d) un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.

e) sistema de regulación y control que se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro, actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelaciones, etc.

f) adicionalmente, se dispone de un equipo de energía convencional auxiliar que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior al previsto.

3 Se consideran sistemas solares prefabricados a los que se producen bajo condiciones que se presumen uniformes y son ofrecidos a la venta como equipos completos y listos para instalar, bajo un solo nombre comercial. Pueden ser compactos o partidos y, por otro lado constituir un sistema integrado o bien un conjunto y configuración uniforme de componentes.

3.2.2 Condiciones generales

1 El objetivo básico del sistema solar es suministrar al usuario una instalación solar que:

- a) optimice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- b) garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- c) garantice un uso seguro de la instalación.

2 Las instalaciones se realizarán con un circuito primario y un circuito secundario independientes, con producto químico anticongelante, evitándose cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación.

3 En instalaciones que cuenten con más de 10 m² de captación correspondiendo a un solo circuito primario, éste será de circulación forzada.

4 Si la instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60 °C, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado.

5 Respecto a la protección contra descargas eléctricas, las instalaciones deben cumplir con lo fijado en la reglamentación vigente y en las normas específicas que la regulen.

6 Se instalarán manguitos electrolíticos entre elementos de diferentes materiales para evitar el par galvánico.

3.2.2.1 Fluido de trabajo

1 El fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores. Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada. En caso de utilización de otros fluidos térmicos se incluirán en el proyecto su composición y su calor específico.

2 El fluido de trabajo tendrá un pH a 20 °C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) la salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 µS/cm.
- b) el contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico.

c) el límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

3 Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

3.2.2.2 Protección contra heladas

1 El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deben ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

2 Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra las heladas.

3 La instalación estará protegida, con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5 °C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

4 Se podrá utilizar otro sistema de protección contra heladas que, alcanzando los mismo niveles de protección, sea aprobado por la Administración Competente.

3.2.2.3 Sobrecalentamientos

3.2.2.3.1 Protección contra sobrecalentamientos

1 Se debe dotar a las instalaciones solares de dispositivos de control manuales o automáticos que eviten los sobrecalentamientos de la instalación que puedan dañar los materiales o equipos y penalicen la calidad del suministro energético. En el caso de dispositivos automáticos, se evitarán de manera especial las pérdidas de fluido anticongelante, el relleno con una conexión directa a la red y el control del sobrecalentamiento mediante el gasto excesivo de agua de red. Especial cuidado se tendrá con las instalaciones de uso estacional en las que en el periodo de no utilización se tomarán medidas que eviten el sobrecalentamiento por el no uso de la instalación.

2 Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

3 Cuando las aguas sean duras, es decir con una concentración en sales de calcio entre 100 y 200 mg/l, se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

3.2.2.3.2 Protección contra quemaduras.

1 En sistemas de Agua Caliente Sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C debe instalarse un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

3.2.2.3 Protección de materiales contra altas temperaturas

1 El sistema deberá ser calculado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

3.2.2.4 Resistencia a presión

1 Los circuitos deben someterse a una prueba de presión de 1,5 veces el valor de la presión máxima de servicio. Se ensayará el sistema con esta presión durante al menos una hora no produciéndose daños permanentes ni fugas en los componentes del sistema y en sus interconexiones. Pasado este tiempo, la presión hidráulica no deberá caer más de un 10 % del valor medio medido al principio del ensayo.

2 El circuito de consumo deberá soportar la máxima presión requerida por las regulaciones nacionales/europeas de agua potable para instalaciones de agua de consumo abiertas o cerradas.

3 En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

3.2.2.5 Prevención de flujo inverso

1 La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

2 La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

3 Para evitar flujos inversos es aconsejable la utilización de válvulas antirretorno, salvo que el equipo sea por circulación natural.

3.3 Criterios generales de cálculo

3.3.1 Dimensionado básico

1 En la memoria del proyecto se establecerá el método de cálculo, especificando, al menos en base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y de la contribución solar. Asimismo el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- a) la demanda de energía térmica;
- b) la energía solar térmica aportada;
- c) las fracciones solares mensuales y anual;
- d) el rendimiento medio anual.

2 Se deberá comprobar si existe algún mes del año en el cual la energía producida teóricamente por la instalación solar supera la demanda correspondiente a la ocupación real o algún otro periodo de tiempo en el cual puedan darse las condiciones de sobrecalentamiento, tomándose en estos casos las medidas de protección de la instalación correspondientes. Durante ese periodo de tiempo se intensificarán los trabajos de vigilancia descritos en el apartado de mantenimiento. En una instalación de energía solar, el rendimiento del captador, independientemente de la aplicación y la tecnología usada, debe ser siempre igual o superior al 40%. Adicionalmente se deberá cumplir que el rendimiento medio dentro del periodo al año en el que se utilice la instalación, deberá ser mayor que el 20 %.

3.3.2 Sistema de captación

3.3.2.1 Generalidades

1 El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya.

2 Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

3 En las instalaciones destinadas exclusivamente a la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar, se recomienda que los captadores tengan un coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y temperatura de entrada, menor de 10 Wm²/°C, según los coeficientes definidos en la normativa en vigor.

3.3.2.2 Conexionado

1 Se debe prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

2 Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie ó en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre, en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc. Además se instalará una válvula de seguridad por fila con el fin de proteger la instalación.

3 Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie ó en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. En el caso de que la aplicación sea exclusivamente de ACS se podrán conectar en serie hasta 10 m² en las zonas climáticas I y II, hasta 8 m² en la zona climática III y hasta 6 m² en las zonas climáticas IV y V.

4 La conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.

3.3.2.3 Estructura soporte

1 Se aplicará a la estructura soporte las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.

2 El cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

3 Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador, superiores a las permitidas por el fabricante.

4 Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores.

5 En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, la estructura y la estanqueidad entre captadores se ajustará a las exigencias indicadas en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

3.3.3 Sistema de acumulación solar

3.3.3.1 Generalidades

1 El sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación.

2 Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (3.3)$$

siendo

A la suma de las áreas de los captadores [m²];

V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

3 Preferentemente, el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito, será de configuración vertical y estará ubicado en zonas interiores. El volumen de acumulación podrá fraccionarse en dos o más depósitos, que se conectarán, preferentemente, en serie invertida en el circuito de consumo ó en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.

4 Para instalaciones prefabricadas según se definen en el apartado 3.2.1, a efectos de prevención de la legionelosis se alcanzarán los niveles térmicos necesarios según normativa mediante el no uso de la instalación. Para el resto de las instalaciones y únicamente con el fin y con la periodicidad que contemple la legislación vigente referente a la prevención y control de la legionelosis, es admisible prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el acumulador solar, de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar. En ambos casos deberá ubicarse un termómetro cuya lectura sea fácilmente visible por el usuario. No obstante, se podrán realizar otros métodos de tratamiento antilegionela permitidos por la legislación vigente.

5 Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m³ deben llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

6 Para instalaciones de climatización de piscinas exclusivamente, no se podrá usar ningún volumen de acumulación, aunque se podrá utilizar un pequeño almacenamiento de inercia en el primario.

3.3.3.2 Situación de las conexiones

1 Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido y, además:

a) la conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al interacumulador se realizará, preferentemente a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.

b) la conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

c) la conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizarán por la parte inferior.

d) la extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.

2 En los casos en los debidamente justificados en los que sea necesario instalar depósitos horizontales las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos.

3 La conexión de los acumuladores permitirá la des conexión individual de los mismos sin interrumpir el

funcionamiento de la instalación.

4 No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones. Para los equipos de instalaciones solares que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

3.3.4 Sistema de intercambio

1 Para el caso de intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P, se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m² y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50 %, cumpliéndose la condición:

$$P \geq 500 \cdot A \quad (3.4)$$

siendo

P potencia mínima del intercambiador [W];

A el área de captadores [m²].

2 Para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

3 En cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del intercambiador de calor se instalará una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.

4 Se puede utilizar el circuito de consumo con un segundo intercambiador (circuito terciario).

3.3.5 Circuito hidráulico

3.3.5.1 Generalidades

1 Debe concebirse inicialmente un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

2 El caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto su valor estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m² de red de captadores. En las instalaciones en las que los captadores estén conectados en serie, el caudal de la instalación se obtendrá aplicando el criterio anterior y dividiendo el resultado por el número de captadores conectados en serie.”

3.3.5.2 Tuberías

1 El sistema de tuberías y sus materiales deben ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal para las condiciones de trabajo.

2 Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Los tramos horizontales tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

3 El aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

3.3.5.3 Bombas

1 Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

2 Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavilación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

3 En instalaciones superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

4 En instalaciones de climatización de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores, y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores; para evitar que la resistencia de este provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión del agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

3.3.5.4 Vasos de expansión

1 Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba. La altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

3.3.5.5 Purga de aire

1 En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

2 En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicional mente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.

3.3.5.6 Drenaje

1 Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

3.3.6 Sistema de energía convencional auxiliar

1 Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar.

2 Queda prohibido el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores.

3 El sistema convencional auxiliar se diseñara para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.

4 El sistema de aporte de energía convencional auxiliar con acumulación o en línea, siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de

funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis.

5 En el caso de que el sistema de energía convencional auxiliar no disponga de acumulación, es decir sea una fuente instantánea, el equipo será modulante, es decir, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente con independencia de cual sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.

6 En el caso de climatización de piscinas, para el control de la temperatura del agua se dispondrá una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10 °C mayor que la temperatura máxima de impulsión.

3.3.7 Sistema de control

1 El sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.

2 En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 °C.

3 Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

4 El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

5 El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

6 Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar.

7 Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos.

3.3.8 Sistema de medida

1 Además de los aparatos de medida de presión y temperatura que permitan la correcta operación, para el caso de instalaciones mayores de 20 m² se deberá disponer al menos de un sistema analógico de

medida local y registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables:

- a) temperatura de entrada agua fría de red;
- b) temperatura de salida acumulador solar;
- c) caudal de agua fría de red.

2 El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

3.4 Componentes

3.4.1 Captadores solares

1 Los captadores con absorbente de hierro no pueden ser utilizados bajo ningún concepto.

2 Cuando se utilicen captadores con absorbente de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre e hierro.

3 El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

4 Se montará el captador, entre los diferentes tipos existentes en el mercado, que mejor se adapte a las características y condiciones de trabajo de la instalación, siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante.

5 Las características ópticas del tratamiento superficial aplicado al absorbedor, no deben quedar modificadas substancialmente en el transcurso del periodo de vida previsto por el fabricante, incluso en condiciones de temperaturas máximas del captador.

6 La carcasa del captador debe asegurar que en la cubierta se eviten tensiones inadmisibles, incluso bajo condiciones de temperatura máxima alcanzable por el captador.

7 El captador llevará en lugar visible una placa en la que consten, como mínimo, los siguientes datos:

- a) nombre y domicilio de la empresa fabricante, y eventualmente su anagrama;
- b) modelo, tipo, año de producción;
- c) número de serie de fabricación;
- d) área total del captador;
- e) peso del captador vacío, capacidad de líquido;
- f) presión máxima de servicio.

8 Esta placa estará redactada como mínimo en castellano y podrá ser impresa o grabada con la condición que asegure que los caracteres permanecen indelebles.

3.4.2 Acumuladores

1 Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

- a) superficie de intercambio térmico en m²;
- b) presión máxima de trabajo, del circuito primario.

2 Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- a) manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.

- b) registro embreado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- c) manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario;
- d) manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato;
- e) manguito para el vaciado.

3 En cualquier caso la placa característica del acumulador indicará la pérdida de carga del mismo.

4 Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, situada en uno de los laterales del acumulador y cerca del suelo, que permita la entrada de una persona en el interior del depósito de modo sencillo, sin necesidad de desmontar tubos ni accesorios.

5 El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante y, es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástica.

6 Podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamientos descritos a continuación:

- a) acumuladores de acero vitrificado con protección catódica.
- b) acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con un sistema de protección catódica.
- c) acumuladores de acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- d) acumuladores de cobre.
- e) acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.
- f) acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, cuando el agua de consumo pertenezca a un circuito terciario).
- g) los acumuladores se ubicarán en lugares adecuados que permitan su sustitución por envejecimiento o averías.

3.4.3 Intercambiador de calor

1 Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores.

2 Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor que $40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

3.4.4 Bombas de circulación

1 Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

2 Cuando las conexiones de los captadores son en paralelo, el caudal nominal será el igual caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores en paralelo.

3 La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en tabla 3.4:

Tabla 3.4 Potencia eléctrica máxima de la bomba

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistema pequeño	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

4 La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de Los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.

5 La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

3.4.5 Tuberías

1 En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embreadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

2 En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito y que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.

3.4.6 Válvulas

1 La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- a) para aislamiento: válvulas de esfera.
- b) para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- c) para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- d) para llenado: válvulas de esfera.
- e) para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- f) para seguridad: válvula de resorte.
- g) para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

2 Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

3.4.7 Vasos de expansión

3.4.7.1 Vasos de expansión abiertos

1 Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación, mediante sistemas tipo flotador o similar.

3.4.7.2 Vasos de expansión cerrados

1 El dispositivo de expansión cerrada del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

2 Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10 %.

3 El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. Los aislamientos empleados serán resistentes a los efectos de la intemperie, pájaros y roedores.

3.4.8 Purgadores

1 Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deben soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130 °C en las zonas climáticas I, II y III, y de 150 °C en las zonas climáticas IV y V.

3.4.9 Sistema de llenado

1 Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general, es muy recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice directamente un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan esta Sección del Código Técnico o con una concentración de anticongelante más baja. Será obligatorio cuando, por el emplazamiento de la instalación, en alguna época del año pueda existir riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en esta Sección del Código Técnico.

2 En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

3 Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

4 Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

3.4.10 Sistema eléctrico y de control

1 La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la temperatura, para conseguirlo en el caso de las de inmersión se instalarán en contra corriente con el fluido. Los sensores de temperatura deben estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

2 La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

3 Preferentemente las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

3.5 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

3.5.1 Introducción

1 El objeto de este apartado es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles.

2 Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- ángulo de inclinación, β definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.
- ángulo de acimut, α definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.

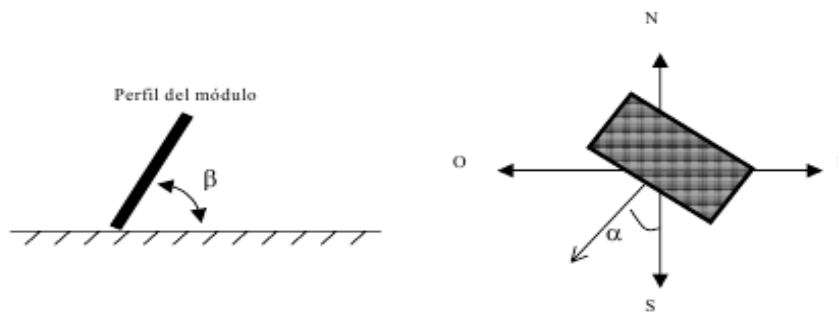


Figura 3.2 Orientación e inclinación de los módulos

3.5.2 Procedimiento

1 Determinado el ángulo de acimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas con la figura 3.3, válida para una latitud (φ) de 41° , de la siguiente forma:

a) conocido el acimut, determinamos en la figura 3.3 los límites para la inclinación en el caso ($\varphi = 41^\circ$). Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10 %, para superposición del 20 % y para integración arquitectónica del 40 %. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.

b) si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud (φ) = 41° y se corrigen de acuerdo a lo indicado a continuación.

2 Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

a) inclinación máxima = inclinación ($\varphi = 41^\circ$) - (41° - latitud);

b) inclinación mínima = inclinación ($\varphi = 41^\circ$) - (41° - latitud); siendo 5° su valor mínimo.

3 En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ \quad (3.5)$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \quad \text{para } \beta < 15^\circ \quad (3.6)$$

Nota: α y β se expresan en grados sexagesimales.

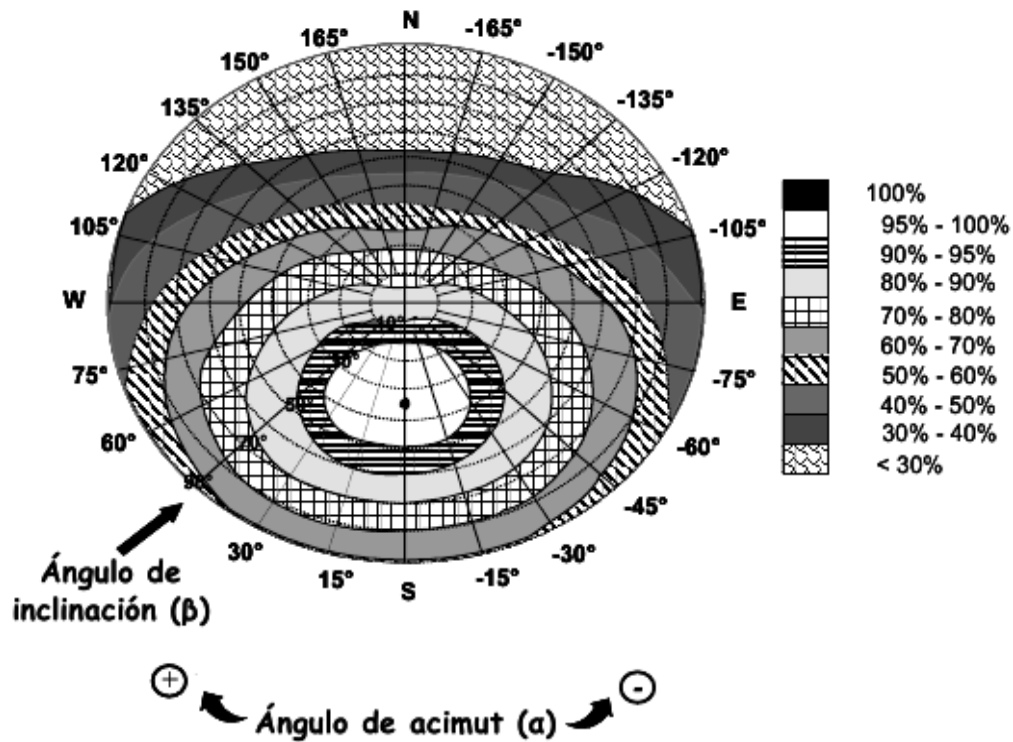


Figura 3.3
Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

3.6 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

3.6.1 Introducción

1 El presente apartado describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

3.6.2 Procedimiento

1 El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

2 Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.

3 Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 3.4, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).

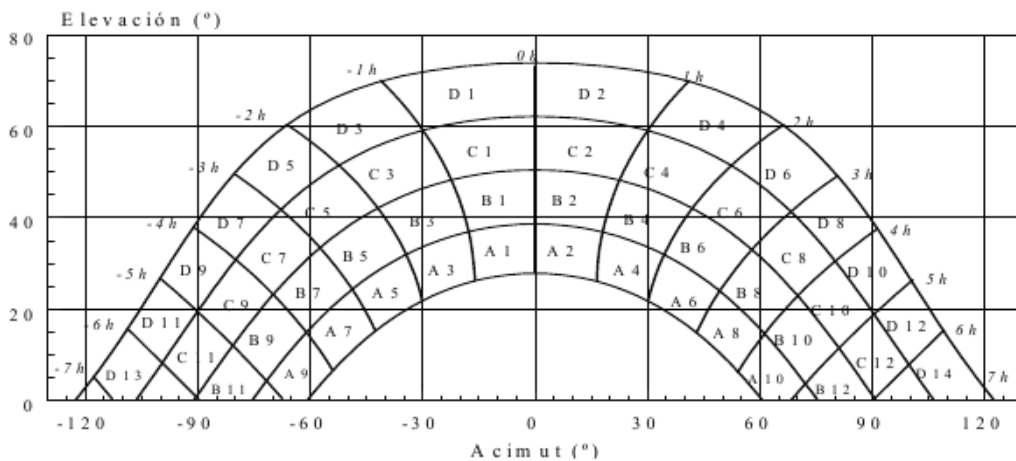


Figura 3.4 Diagrama de trayectorias del sol

Nota: los grados de ambas escalas son sexagesimales

4 Cada una de las porciones de la figura 3.4 representa el recorrido del sol en un cierto periodo de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Debe escogerse para el cálculo la tabla de referencia más adecuada de entre las que se incluyen en el anejo B.

5 La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25, 0,50, 0,75 ó 1.

3.6.3 Tablas de referencia

1 Las tablas incluidas en esta Sección se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente). Debe escogerse aquella que resulte más parecida a la superficie en estudio. Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente resultase interceptada por un obstáculo.

4 Mantenimiento

1 Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- a) plan de vigilancia.
- b) plan de mantenimiento preventivo.

4.1 Plan de vigilancia

1 El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Tendrá el alcance descrito en la tabla 4.1:

Tabla 4.1

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
CIRCUITO PRIMARIO	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
CIRCUITO SECUNDARIO	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

^{IV} IV: inspección visual

4.2 Plan de mantenimiento

1 Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

2 El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

3 El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.

4 El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

5 A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla 4.2 Sistema de captación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original. IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

* Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1.

⁽¹⁾ IV: inspección visual

Tabla 4.3 Sistema de acumulación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Tabla 4.4 Sistema de intercambio

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

Tabla 4.5 Circuito hidráulico

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

⁽¹⁾ IV: inspección visual

⁽²⁾ CF: control de funcionamiento

Tabla 4.6 Sistema eléctrico y de control

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

Tabla 4.7 Sistema de energía auxiliar

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

Nota: Para las instalaciones menores de 20 m² se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses.

No se incluyen los trabajos propios del mantenimiento del sistema auxiliar.

8.2 TABLAS DE REFERENCIA PARA CÁLCULO DE FACTOR DE SOMBRA

Tabla B.1

	$\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=0^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,01	0,12	0,44	0,00	0,01	0,18	1,05	0,00	0,01	0,02	0,15	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,13	0,41	0,62	1,49	0,05	0,32	0,70	2,23	0,23	0,50	0,37	0,10	0,02	0,10	0,19	0,56
7	1,00	0,95	1,27	2,76	0,52	0,77	1,32	3,56	1,66	1,06	0,93	0,78	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,84	1,50	1,83	3,87	1,11	1,26	1,85	4,66	2,76	1,62	1,43	1,68	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,70	1,88	2,21	4,67	1,75	1,60	2,20	5,44	3,83	2,00	1,77	2,36	2,24	1,60	1,92	4,14
1	3,17	2,12	2,43	5,04	2,10	1,81	2,40	5,78	4,36	2,23	1,98	2,69	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,17	2,12	2,33	4,99	2,11	1,80	2,30	5,73	4,40	2,23	1,91	2,66	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,70	1,89	2,01	4,46	1,75	1,61	2,00	5,19	3,82	2,01	1,62	2,26	2,93	2,08	2,23	5,02
6	1,79	1,51	1,65	3,63	1,09	1,26	1,65	4,37	2,68	1,62	1,30	1,58	2,14	1,82	2,00	4,46
8	0,98	0,99	1,08	2,55	0,51	0,82	1,11	3,28	1,62	1,09	0,79	0,74	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,11	0,42	0,52	1,33	0,05	0,33	0,57	1,98	0,19	0,49	0,32	0,10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,02	0,10	0,40	0,00	0,02	0,15	0,96	0,00	0,02	0,02	0,13	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,22

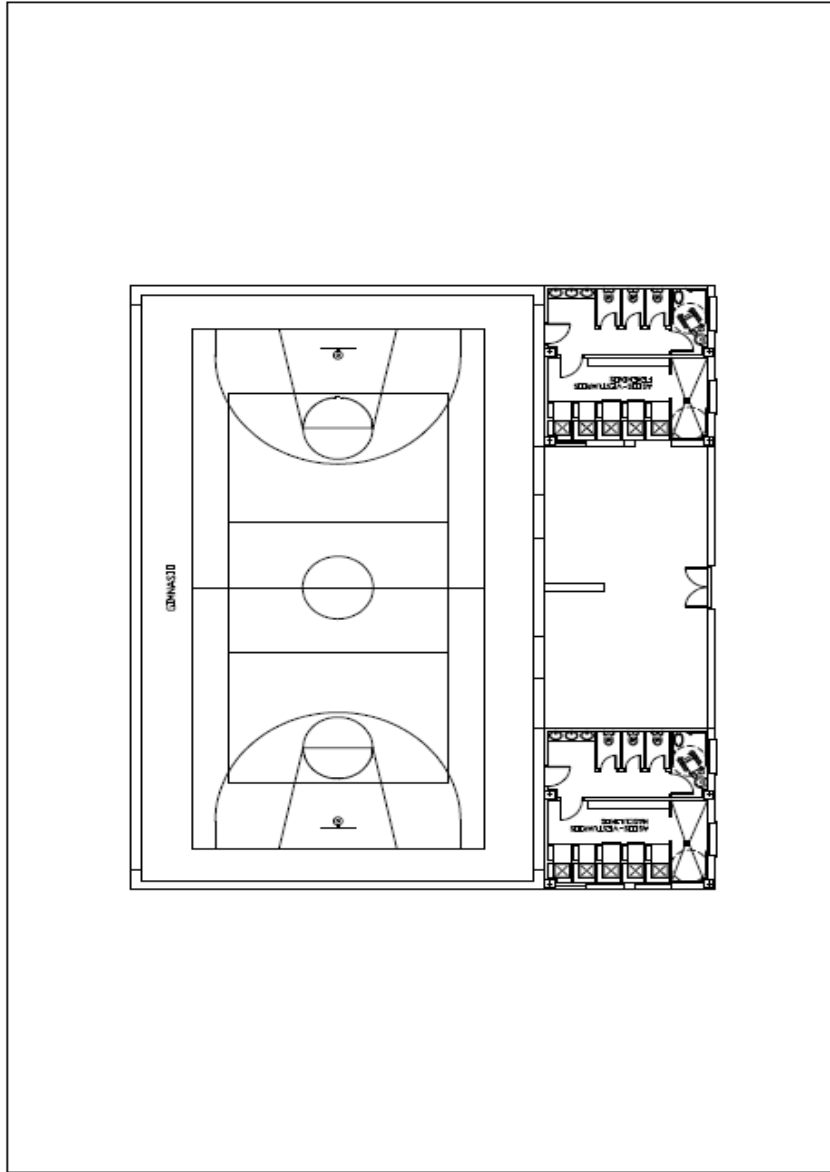
Tabla B.2

	$\beta=90^\circ ; \alpha=30^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=60^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=60^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=-30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,06	0,01	0,15	0,51	0,00	0,00	0,08	0,16	0,00	0,01	0,27	0,78	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,56	0,06	0,14	0,43	0,02	0,04	0,04	0,02	0,09	0,21	0,33	0,76	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,80	0,04	0,07	0,31	0,02	0,13	0,31	1,02	0,21	0,18	0,27	0,70	1,34	1,28	1,73	3,79
5	3,06	0,55	0,22	0,11	0,64	0,68	0,97	2,39	0,10	0,11	0,21	0,52	2,17	1,79	2,21	4,70
3	4,14	1,16	0,87	0,67	1,55	1,24	1,59	3,70	0,45	0,03	0,05	0,25	2,90	2,05	2,43	5,20
1	4,87	1,73	1,49	1,86	2,35	1,74	2,12	4,73	1,73	0,80	0,62	0,55	3,12	2,13	2,47	5,20
2	5,20	2,15	1,88	2,79	2,85	2,05	2,38	5,40	2,91	1,56	1,42	2,26	2,88	1,96	2,19	4,77
4	5,02	2,34	2,02	3,29	2,86	2,14	2,37	5,53	3,59	2,13	1,97	3,60	2,22	1,60	1,73	3,91
6	4,46	2,28	2,05	3,36	2,24	2,00	2,27	5,25	3,35	2,43	2,37	4,45	1,27	1,11	1,25	2,84
8	3,54	1,92	1,71	2,98	1,51	1,61	1,81	4,49	2,67	2,35	2,28	4,65	0,52	0,57	0,65	1,64
10	2,26	1,19	1,19	2,12	0,23	0,94	1,20	3,18	0,47	1,64	1,82	3,95	0,02	0,10	0,15	0,50
12	1,17	0,12	0,53	1,22	0,00	0,09	0,52	1,96	0,00	0,19	0,97	2,93	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,22	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,08

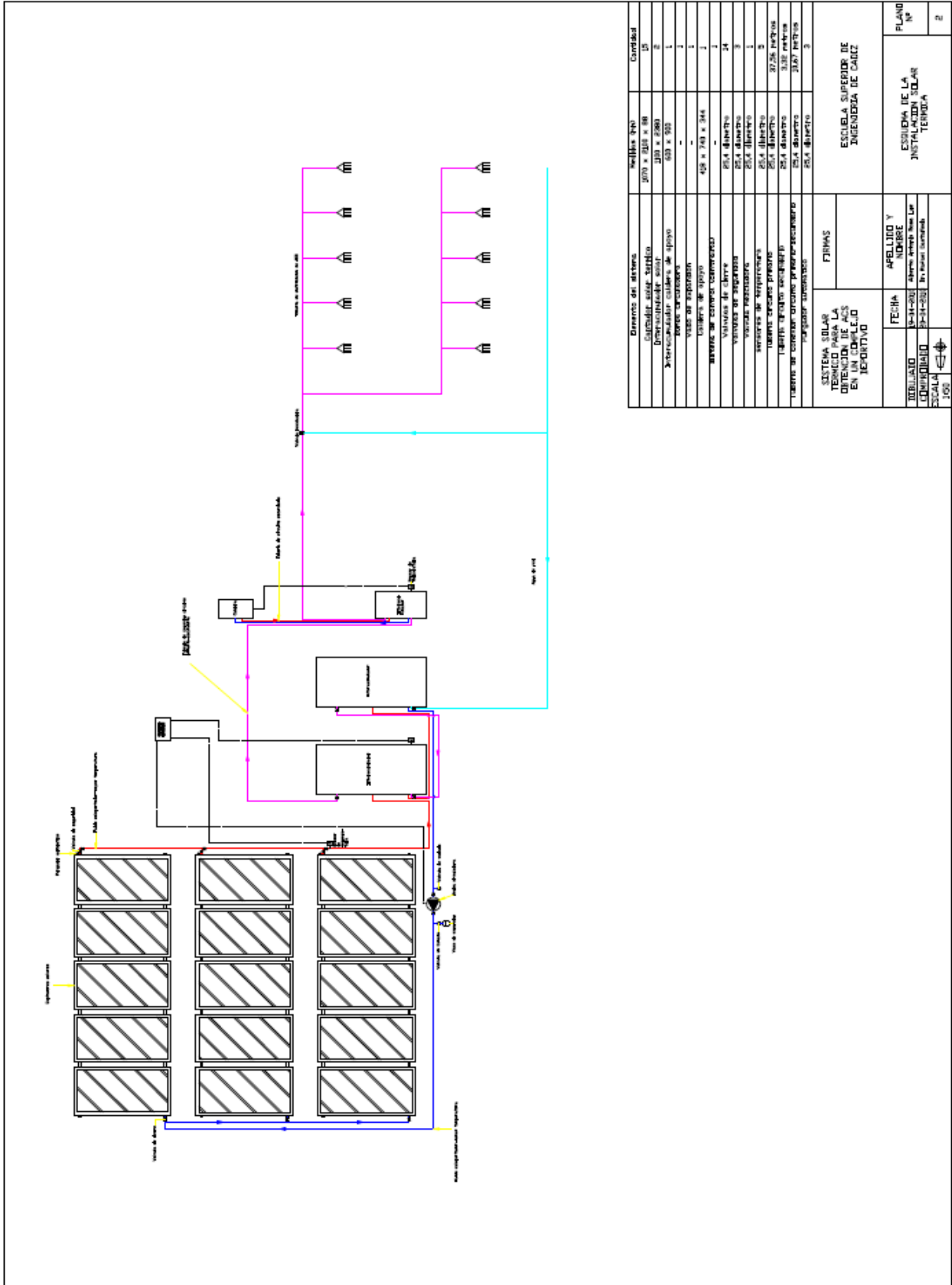
Tabla B.3

	$\beta=90^\circ ; \alpha= -30^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha= -60^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha= -60^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	1,01
11	0,00	0,05	0,60	1,28	0,00	0,04	0,60	2,09	0,00	0,08	1,10	3,08
9	0,43	1,17	1,38	2,30	0,27	0,91	1,42	3,49	0,55	1,60	2,11	4,28
7	2,42	1,82	1,98	3,15	1,51	1,51	2,10	4,76	2,66	2,19	2,61	4,89
5	3,43	2,24	2,24	3,51	2,25	1,95	2,48	5,48	3,36	2,37	2,56	4,61
3	4,12	2,29	2,18	3,38	2,80	2,08	2,56	5,68	3,49	2,06	2,10	3,67
1	4,05	2,11	1,93	2,77	2,78	2,01	2,43	5,34	2,81	1,52	1,44	2,22
2	3,45	1,71	1,41	1,81	2,32	1,70	2,00	4,59	1,69	0,78	0,58	0,53
4	2,43	1,14	0,79	0,64	1,52	1,22	1,42	3,46	0,44	0,03	0,05	0,24
6	1,24	0,54	0,20	0,11	0,62	0,67	0,85	2,20	0,10	0,13	0,19	0,48
8	0,40	0,03	0,06	0,31	0,02	0,14	0,26	0,92	0,22	0,18	0,26	0,69
10	0,01	0,06	0,12	0,39	0,02	0,04	0,03	0,02	0,08	0,21	0,28	0,68
12	0,00	0,01	0,13	0,45	0,00	0,01	0,07	0,14	0,00	0,02	0,24	0,67
14	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,36

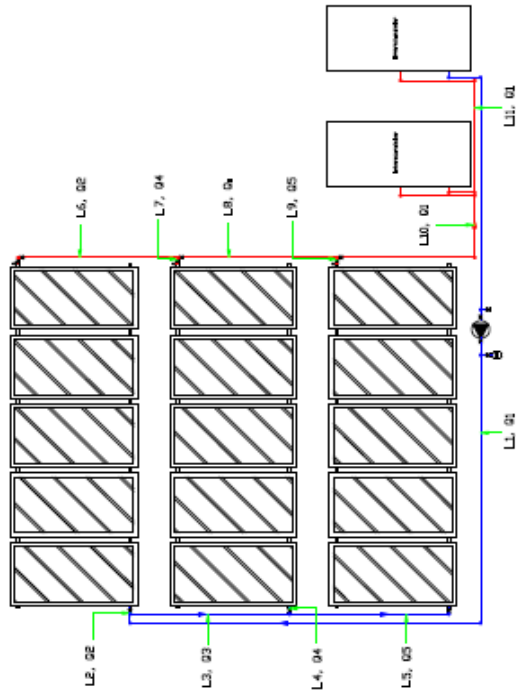
8.3 PLANOS DEL PROYECTO



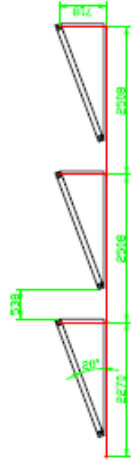
SISTEMA DE LAS TUBERIAS PARA LA DISTRIBUCION DE AGUA EN UN COMPLEJO DEPORTIVO	FIRMAS	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA DE CALZ		PLANO N° VISTA DE PLANTA DEL COMPLEJO DEPORTIVO
		APELLIDO Y NOMBRE	FECHA	
DISEÑADO CORRECTOR ESCALA	APELLIDO Y NOMBRE Alberto Enrique Nolasco De la Cruz	25-11-2005 25-11-2005	1	1



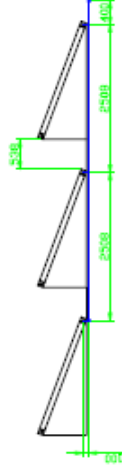
CONCRETO FORMADO



VISTA LATERAL DERECHA DE LA CONECCION DE CAPTADORES



VISTA LATERAL IZQUIERDA DE LA CONECCION DE CAPTADORES



Plano de detalle del sistema	Modelos (M)	Cantidad (C)
L1	10532	02 = 21064
L2	129	08 = 10272
L3	2608	02 = 5216
L4	2750	04 = 11000
L5	2076	02 = 4152
L6	580	04 = 2320
L7	2538	02 = 5076
L8	440	04 = 1760
L9	4059	02 = 8118
L10	3869	02 = 7738

SISTEMA SOLAR TRAMOS DE TUBERIA DE DIFERENTES DIAMETROS EN UN CONJUNTO REPARTIVO		FIRMAS	
FECHA		APELLIDO Y NOMBRE	
03-11-2010		Alvaro Antonio Ruiz Lopez	
COMPROBADO		D. Daniel Cortés	
03-11-2010			

ESCUOLA SUPERIOR DE INGENIERIA DE CARIC		TRAMOS DE TUBERIA DE LA INSTALACION SOLAR TEMPERA DEL CONJUNTO REPARTIVO	
PLANO Nº		5	

8.4 TABLAS DE REFERENCIA PARA FACTOR DE CORRECCIÓN K

Inclinación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
15°	1,14	1,11	1,07	1,02	0,99	0,98	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,17

8.5 RITE DOCUMENTO TÉCNICO IT 01 DISEÑO Y DIMENSIONADO

IT 1.2.4.1 Generación de calor y frío.

IT 1.2.4.1.1 Criterios generales

1. La potencia que suministren las unidades de producción de calor o frío que utilicen energías convencionales se ajustará a la demanda máxima simultánea de las instalaciones servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.
2. En el procedimiento de análisis se estudiarán las distintas demandas al variar la hora del día y el mes del año, para hallar la demanda máxima simultánea, así como las demandas parciales y la mínima, con el fin de facilitar la selección del tipo y número de generadores.
3. Los generadores que utilicen energías convencionales se conectarán hidráulicamente en paralelo y se deben poder independizar entre sí. En casos excepcionales, que deben justificarse, los generadores de agua refrigerada podrán conectarse hidráulicamente en serie.
4. El caudal del fluido portador en los generadores podrá variar para adaptarse a la carga térmica instantánea, entre sus límites mínimo y máximo establecidos por el fabricante.
5. Cuando se interrumpa el funcionamiento de un generador, deberá interrumpirse también el funcionamiento de los equipos accesorios directamente relacionados con el mismo, salvo aquellos que, por razones de seguridad o explotación, lo requiriesen.

IT 1.2.4.1.2 Generación de calor

IT 1.2.4.1.2.1 Requisitos mínimos de rendimiento energético de los generadores de calor.

1. En el proyecto o memoria técnica se indicará la prestación energética de la caldera, los rendimientos a potencia nominal y con una carga parcial del 30 por 100 y la temperatura media del agua en la caldera de acuerdo con lo que establece el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero
2. Las calderas de potencia mayor que 400 kW tendrán un rendimiento igual o mayor que el exigido para las calderas de 400 kW en el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero.
3. Quedan excluidos de cumplir con los requisitos mínimos de rendimiento del punto 1 los generadores de agua caliente alimentados por combustibles cuya naturaleza corresponda a

recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, biomasa, gases residuales y cuya combustión no se vea afectada por limitaciones relativas al impacto ambiental.

4. En el caso de generadores de calor que utilicen biomasa el rendimiento mínimo instantáneo exigido será del 75 %..
5. Cuando el generador de calor utilice biocombustibles sólidos sólo se deberá indicar el rendimiento instantánea del conjunto caldera-sistema de combustión para el 100% de la potencia máxima, para uno de los biocombustibles sólidos que se prevé se utilizará en su alimentación o, en su caso, la mezcla de biocombustibles.
6. Se indicará el rendimiento y la temperatura media del agua del conjunto caldera-quemador o conjunto caldera-sistema de combustión cuando se utilice biomasa, a la potencia máxima demandada por el sistema de calefacción y, en su caso, por el sistema de preparación de agua caliente sanitaria.

IT 1.2.4.1.2.2 Fraccionamiento de potencia

1. Se dispondrá del número de generadores necesarios en número, potencia y tipos adecuados, según el perfil de la demanda de energía térmica prevista.
2. Las centrales de producción de calor equipadas con generadores que utilicen combustible líquido o gaseoso, cumplirán con estos requisitos:
 - a) Si la potencia térmica nominal a instalar es mayor que 400 kW se instalarán dos o más generadores.
 - b) Si la potencia térmica nominal a instalar es igual o menor que 400 kW y la instalación suministra servicio de calefacción y de agua caliente sanitaria, se podrá emplear un único generador siempre que la potencia demandada por el servicio de agua caliente sanitaria sea igual o mayor que la potencia del primer escalón del quemador.
3. Se podrán adoptar soluciones distintas a las establecidas en el punto 2, siempre que se justifique técnicamente que la solución propuesta es al menos equivalente desde el punto de vista de la eficiencia energética.
4. Quedan excluidos de cumplir con los requisitos establecidos en el punto 2, los generadores de calor alimentados por combustibles cuya naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, como biomasa, gases residuales y cuya combustión no se vea afectada por limitaciones relativas al impacto ambiental.
5. Los generadores atmosféricos a gas de tipo modular se considerarán como un único generador, salvo cuando dispongan de un sistema automático de independización del circuito hidráulico, de tal forma que se consiga la parcialización del conjunto.

IT 1.2.4.1.2.3 Regulación de quemadores

- La regulación de los quemadores alimentados por combustible líquido o gaseoso será, en función de la potencia térmica nominal del generador de calor, la indicada en la tabla 2.4.1.1.

Tabla 2.4.1.1 Regulación de quemadores

Potencia térmica nominal del generador de calor kW				Regulación
	P	≤	70	una marcha o modulante
70	<	P	≤ 400	dos marchas o modulante
400	<	P		tres marchas o modulante

IT 1.2.4.2 Redes de tuberías y conductos.

IT 1.2.4.2.1 Aislamiento térmico de redes de tuberías

IT 1.2.4.2.1.1 Generalidades

1. Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con:
 - a) temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por el que discurran.
 - b) temperatura mayor que 40°C cuando están instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos, entendiéndose excluidas las tuberías de torres de refrigeración y las tuberías de descarga de equipos frigoríficos.
2. Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanquidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia.
3. Los equipos y componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento o la que determine el fabricante. En particular, todas las superficies frías de los equipos frigoríficos estarán aisladas térmicamente con el espesor determinado por el fabricante.
4. Para evitar la congelación del agua en tuberías expuestas a temperaturas del aire menores que la de cambio de estado se podrá recurrir a estas técnicas: empleo de una mezcla de agua con anticongelante, circulación del fluido o aislamiento de la tubería calculado de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 12241, apartado 6. También se podrá recurrir al calentamiento directo del fluido y al calentamiento indirecto mediante "traceado" de la tubería excepto en los subsistemas solares.
5. Para evitar condensaciones intersticiales se instalará una adecuada barrera al paso del vapor; la resistencia total será mayor que 50 MPa·m²·s/g. Se considera válido el cálculo realizado siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 4.3 de la norma UNE-EN ISO 12241.
6. En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las de fluido caloportador agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4 % de la potencia que transporta.
7. Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se podrá optar por el procedimiento simplificado o por el alternativo cuando la potencia térmica a instalar en generación de calor o frío sea menor o igual que 70 kW. Para potencias superiores a 70 kW se deberá aplicar el

procedimiento alternativo.

IT 1.2.4.2.1.2 Procedimiento simplificado

1. En el procedimiento simplificado los espesores mínimos de aislamiento térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m·K) deben ser los indicados en las siguientes tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.4
2. Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que los indicados en las tablas anteriores para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm.
3. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm.
4. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan, alternativamente, fluidos calientes y fríos serán los obtenidos para las condiciones de trabajo más exigentes.
5. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.
6. Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.
7. El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.
8. Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a $\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W/(m·K)}$ a 10°C, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones:
 - para superficies planas:

$$d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

- para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \left[\text{EXP} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D} \right) - 1 \right]$$

Donde:

λ_{ref} : conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/(m·K) a 10°C

λ : conductividad térmica del material empleado, en W/(m·K)

d_{ref} : espesor mínimo de referencia, en mm

d : espesor mínimo del material empleado, en mm

D : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm

ln : logaritmo neperiano (base 2,7183)

EXP : significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis

Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)				Temperatura máxima del fluido (°C)			
				40...60	> 60...100	> 100...180	
	D	≤	35	25	25	30	
35	<	D	≤	60	30	30	40
60	<	D	≤	90	30	30	40
90	<	D	≤	140	30	40	50
140	<	D			35	40	50

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)				Temperatura máxima del fluido (°C)			
				40...60	> 60...100	> 100...180	
	D	≤	35	35	35	40	
35	<	D	≤	60	40	40	50
60	<	D	≤	90	40	40	50
90	<	D	≤	140	40	50	60
140	<	D			45	50	60

Tabla 1.2.4.2.3: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)				Temperatura mínima del fluido (°C)			
				> -10...0	> 0...10	>10	
	D	≤	35	30	20	20	
35	<	D	≤	60	40	30	20
60	<	D	≤	90	40	30	30
90	<	D	≤	140	50	40	30
140	<	D			50	40	30

Tabla 1.2.4.2.4: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)				Temperatura mínima del fluido (°C)			
				> -10...0	> 0...10	>10	
	D	≤	35	50	40	40	
35	<	D	≤	60	60	50	40
60	<	D	≤	90	60	50	50
90	<	D	≤	140	70	60	50
140	<	D			70	60	50

IT 1.2.4.2.1.3 Procedimiento alternativo

1. Se debe optar por una solución alternativa al procedimiento simplificado cuando la potencia térmica nominal a instalar en generación de calor o frío sea mayor que 70 kW.
2. El método de cálculo elegido para justificar el cumplimiento de esta opción tendrá en consideración los siguientes factores:
 - El diámetro exterior de la tubería.
 - La temperatura del fluido, máxima o mínima.
 - Las condiciones del ambiente donde está instalada la tubería, como temperatura seca, mínima o máxima respectivamente, la velocidad media del aire y, en el caso de fluidos fríos, la temperatura de rocío y la radiación solar.
 - La conductividad térmica del material aislante que se pretende emplear a la temperatura media de funcionamiento del fluido.
 - El coeficiente superficial exterior, convectivo y radiante, de transmisión de calor, considerando la emitancia del acabado y la velocidad media del aire.
 - La situación de las superficies, vertical u horizontal.
 - la resistencia térmica del material de la tubería.
3. El método de cálculo se podrá formalizar a través de un programa informático siguiendo los criterios indicados en la norma UNE-EN ISO 12241.
4. El estudio justificará documentalmente, por cada diámetro de la tubería, el espesor empleado del material aislante elegido, las pérdidas o ganancias de calor, las pérdidas o ganancias de las tuberías sin aislar, la temperatura superficial, y las pérdidas totales de la red.”

8.6 TERMINOLOGÍA

Absorbedor: componente de un captador solar cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.

Captador solar térmico: dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.

Carcasa: es el componente del captador que conforma su superficie exterior, fija la cubierta, contiene y protege a los restantes componentes del colector y soporta los anclajes del mismo.

Cerramiento: función que realizan los captadores cuando constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanqueidad y aislamiento térmico.

Circuito primario: circuito del que forman parte los captadores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

Circuito secundario: circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

Circuito de consumo: circuito por el que circula agua de consumo.

Circulación natural: cuando el movimiento del fluido entre los captadores y el intercambiador del depósito de acumulación se realiza por convección y no de forma forzada.

Depósitos solares conectados en serie invertida: depósitos conectados de forma que el sentido de circulación del agua de consumo es contrario al sentido de circulación de calentamiento del agua solar.

Depósitos solares conectados en paralelo con el circuito secundario equilibrado: depósitos conectados en paralelo de forma que el sentido de circulación del agua de consumo es contrario al sentido de circulación de calentamiento del agua solar.

Elementos de sombreado: cuando los captadores protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada del mismo.

Integración arquitectónica de los captadores: cuando los captadores cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica.

Irradiancia solar: potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en kW/m^2 .

Irradiación solar: energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se mide en kWh/m^2 .

Perdidas por orientación: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de no tener la orientación óptima.

Perdidas por inclinación: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de no tener la inclinación óptima.

Perdidas por sombras: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de la existencia de sombras sobre el mismo en algún momento del día.

Radiación solar: es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Radiación Solar Global media diaria anual: es la energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global), tomando el valor anual como suma de valores medios diarios.

Revestimiento: cuando los captadores constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

Superposición de captadores: cuando los captadores se colocan paralelos a la envolvente del edificio sin la doble funcionalidad definida en la integración arquitectónica. No obstante no se consideran los módulos horizontales.

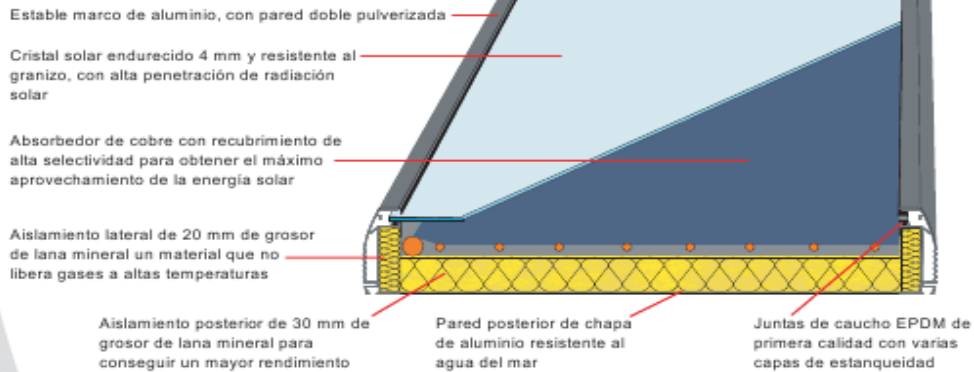
Temperatura de estancamiento del captador: corresponde a la máxima temperatura del fluido que se obtiene cuando, sometido el captador a altos niveles de radiación y temperatura ambiente y siendo la velocidad del viento despreciable, no existe circulación en el captador y se alcanzan condiciones cuasi-estacionarias.

8.7 CATALOGO DE COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO DISEÑADO



sunnySol

- **Diseño exigente y moderno**
- **Calidad probada y controlada**
- **Corto periodo de amortización gracias a la magnífica relación calidad-precio**
- **10 años de garantía**
- **Certificado europeo solar key mark**
Registration No: 011-7S026F



sunnySol-UP V



1070 mm

2202 mm

sunnySol-UP H



2100 mm

4262 mm

Medidas de montaje sunnySol-UP

3 ud =	3330 mm
4 ud =	4460 mm
5 ud =	5590 mm
6 ud =	6720 mm
7 ud =	7850 mm
8 ud =	8980 mm
9 ud =	10110 mm
10 ud =	11240 mm

Medidas de montaje sunnySol-UP

3 ud =	6420 mm
4 ud =	8580 mm
5 ud =	10740 mm
6 ud =	12900 mm
7 ud =	15060 mm
8 ud =	17220 mm
9 ud =	19380 mm
10 ud =	21540 mm

Datos técnicos:

Dimensiones sunnySol-V:	2100 x 1070 x 85 mm
Dimensiones sunnySol-H:	1070 x 2100 x 85 mm
Superficie total:	2,25 mq
Superficie de abertura:	2,015 mq
Superficie absorbente:	2,015 mq
Peso sin portador de calor:	45 kg
Volumen total del colector:	1,95 l
Inclinación máxima:	< 75°
Inclinación mínima:	> 20°
Presión máx. de trabajo:	10 bares
Presión de prueba:	15 bares

Datos técnicos ensayo de rendimiento según EN 12975-2:

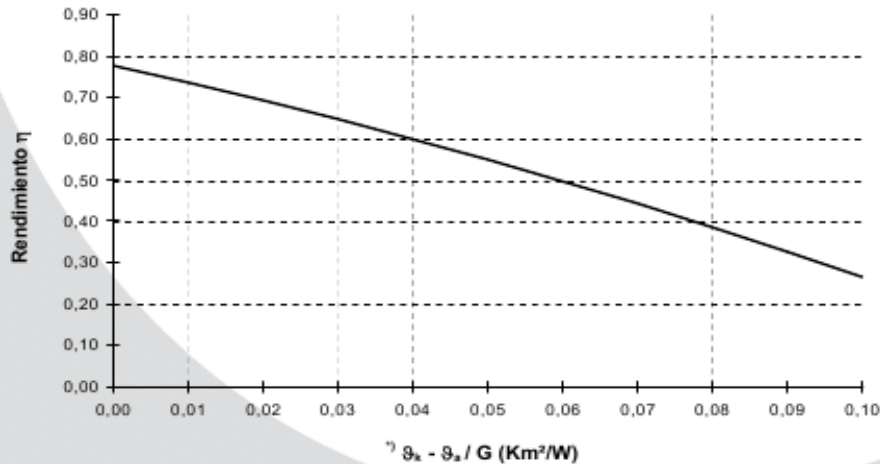
Colector test Nr.	2.04.00334.1.0
Conversion factor η_k	0,778
Conversion factor $\eta_{0,05}$	0,549
Coefficiente de pérdida calorífica simple a1	4,00 W/m²K
Coefficiente de pérdida calorífica cuadrática a2	0,014 W/m²K²
Factore de corrección del ángulo (IAM 50°)	0,94

Potencia térmica

	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
¹⁾ $\vartheta_k - \vartheta_a = 10$ K	543	1013	1484
¹⁾ $\vartheta_k - \vartheta_a = 30$ K	359	829	1299
¹⁾ $\vartheta_k - \vartheta_a = 50$ K	151	622	1092

Curva de rendimiento según EN 12975-2:

Rendimiento referido a la superficie de apertura

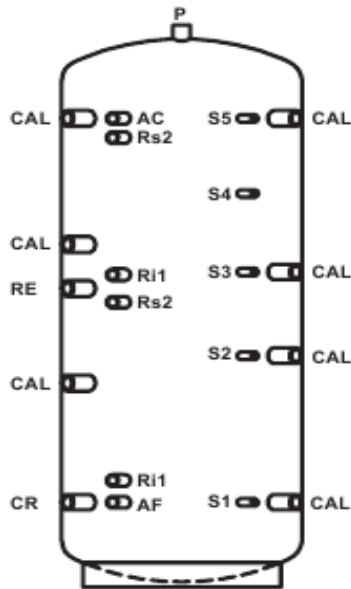


^{*)} $\vartheta_k - \vartheta_a$ diferencia entre un colector de temperatura media y la temperatura ambiente

AGUIDROVERT, S.L.

Cervantes 20, pral izda, 50.006 Zaragoza (Spain)
 Tel. 00-34-976302135 Fax. 00-34-976468085
 www.aguidrovert.com info@aguidrovert.com

Acumulador de capas combinado hyGenio - datos técnicos



Toma	Dimensión	Descripción
CR	1 ½"	Retorno calefacción (ingreso dispositivo estratificador)
CAL	1 ½"	Conexión acumulador de inercia
RE	1 ½"	Resistencia eléctrica
Ri1, Ri2	1"	Retorno circuito solar (hacia los paneles)
Rs1, Rs2	1"	impulsión circuito solar (de los paneles)
AF	1"	Agua fría de aguadota
AC	1"	Agua caliente hacia el utilizzo
P	1 ½"	Purga de aire
S1,2,3,4,5	½"	Para sensores, termómetros etc.

Garantía de 5 años en vigor bajo siguientes condiciones:

La instalación de este acumulador se debe realizar por una persona autorizada y debe cumplir la reglamentación local en cuanto a Seguridad e Instalaciones Eléctricas y de Fontanería.
 Válvula de seguridad 6 bares en la tubería de agua fría
 Vaso de expansión en la tubería de agua fría
 Un filtro fino en la tubería de agua fría
 Intercambiador para ACS es diseñado para agua potable con un contenido de **cloruros máx. 70 mg/l.**

Datos técnicos:

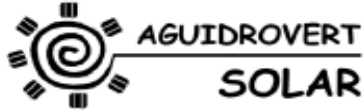
Presión máxima intercambiador ACS	6 bares
Presión máxima intercambiador solar	6 bares
Presión máxima acumulador inercial	3 bares
Temperatura máxima	90 °C

Acumulador volumen	Litri	600	800	1000	1250	1500	2000
Temperatura de impulsión caldera	°C	80	80	80	80	80	80
Superficie intercambiador ACS	m²	5	5,4	7,5	7,5	9	12
Volumen intercambiador ACS	l	38	43	58	58	76	93
Perdida de carga intercambiador ACS	mbar	160	170	180	180	200	220
Índice de rendimiento según DIN 4753*	NL	1,8	3,6	4,1	4,8	5,2	5,8
Producción de ACS continua	l/h	1900	2100	3400	3400	3800	4100
Caudal máx. de consumo durante 10 minutos	l/10 min	510	630	780	800	920	1020
Potencia caldera	kW	77,3	85,4	138,4	138,4	154,6	166,9
Intercambiador solar superior	m²	1,2	1,8	2,4	2,4	2,4	2,8
Volumen	l	7,38	11,07	14,77	14,77	14,77	17,23
Intercambiador solar inferior	m²	1,8	2,4	3	3	3,6	4,2
Volumen	l	11,07	14,77	18,46	18,46	22,15	25,84
Peso (vacío) HGRR con 1 intercambiador	kg	166	190	239	274	307	347
Peso (vacío) HGRR con 2 intercambiadores	kg	184	217	275	310	343	388

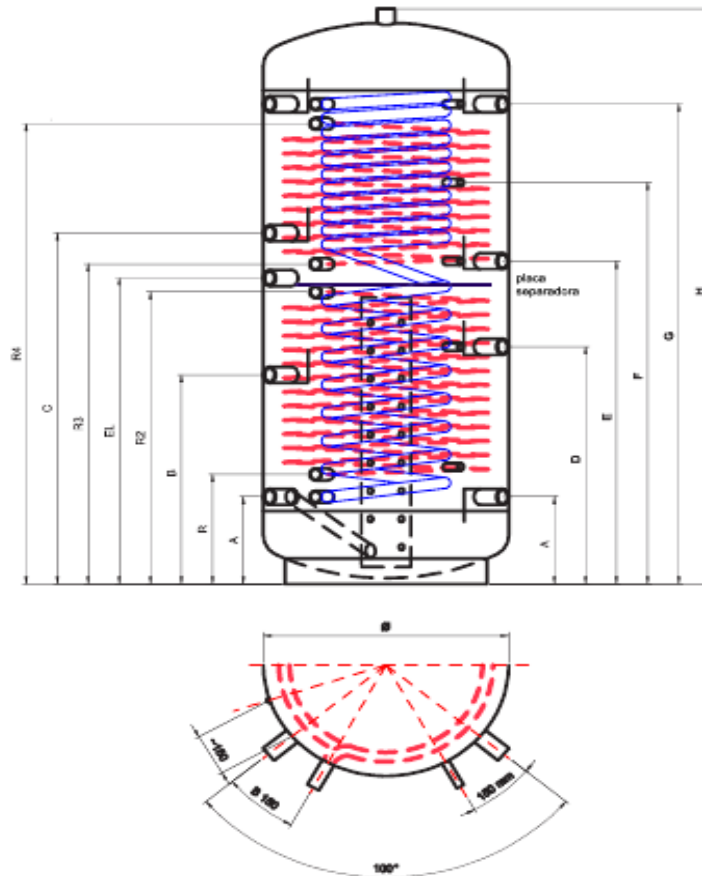
* Índice de rendimiento según DIN 4753: temperatura de acumulación 60°C; producción ACS de 10°C a 45°C

AGUIDROVERT, S.L.

Cervantes 20, pral izda, 50.006 Zaragoza (Spain)
 Tel. 00-34-976302135 Fax. 00-34-976468085
 www.aguidrovert.com info@aguidrovert.com



hyGenio
Dimensiones



Volumen	Dimensiones (mm)														Inclinación	espesor de aislamiento	Ø inclusivo aislamiento	Serpentin	
	L	*A	B	C	D	E	F	**G	H	ø	EL	R1	R2	R3				R4	arriba
600	235	620	1010	720	910	1142	1395	1640	700	895	335	845	945	1295	1740	100	900	1,2	1,8
800	260	630	1030	730	930	1173	1430	1700	790	915	365	865	965	1324	1800	100	990	1,8	2,4
1000	310	745	1250	845	1150	1430	1710	2050	790	1090	390	1040	1140	1640	2150	100	990	2,4	3,0
1250	295	730	1240	830	1140	1417	1700	2000	950	1080	380	1030	1130	1630	2200	125	1150	2,4	3,0
1500	335	825	1350	925	1250	1492	1760	2150	1000	1150	450	1100	1200	1670	2270	125	1200	2,4	3,6
2000	325	900	1490	1000	1390	1712	2035	2380	1100	1275	425	1225	1325	1935	2610	125	1300	2,8	4,2


* Altura A es, con pequeña tolerancia, válida para la conexión de agua fría
 ** Altura G es, con pequeña tolerancia, válida para la conexión de agua caliente


AGUIDROVERT, S.L.


Cervantes 20, pral izda, 50.006 Zaragoza (Spain)
 Tel. 00-34-976302135 Fax. 00-34-976468085
 www.aguidrovert.com info@aguidrovert.com

GASOKOL GmbH, hyGenio dimensiones ES


GASOKOL Complementos para instalaciones de energía solar térmica


Vasos de expansión						WG 020	
 <p>> 40 l montaje al suelo</p> <p>< 40 l montaje al pared</p>	Para sistemas solares y de calefacción, temperatura de servicio máx. 99 °C Precarga 2,5 bar, presión máx. 6 bar						
	Código	Tipo	Conexión	Dimensiones mm		Ud.	€/Ud.
				altura	ø		
	07504	18 l	3/4" RE	450	270	ud.	47,50
	07506	25 l	3/4" RE	500	290	ud.	54,90
	07508	40 l	3/4" RE	560	320	ud.	88,90
	07510	60 l	3/4" RE	730	380	ud.	119,00
07511	80 l	3/4" RE	735	450	ud.	169,00	
07512	100 l	1" RE	790	450	ud.	225,00	
Dimensionamiento: 4 litros de vaso de expansión por cada 1 m² captadores solares							


Válvula de servicio para vaso de expansión				WG 020
 <p>07501</p> <p>07502</p>	Código		Ud.	€/Ud.
	07501	Válvula de servicio 3/4" para vasos de expansión	ud.	19,50
	07502	Válvula de servicio 1" para vasos de expansión	ud.	29,90

Separador de aire					WG 020
	Con válvula manual				
	Código	con aislamiento	Conexión	Ud.	€/Ud.
	07440	no	Tubo cobre 22 mm	ud.	40,20
	07441	no	Tubo cobre 28 mm	ud.	43,80
	07446	si	Tubo cobre 22 mm	ud.	71,00
07447	si	Tubo cobre 28 mm	ud.	82,80	


GASOKOL Complementos para instalaciones de energía solar térmica


GASOKOL Estación de retorno soloStar				WG 020
	Unidad completa y pre-instalada 1", con aislamiento para el retorno, conexión con atornilladura de anillos de apriete, Eurokonos para una conexión rápida y fácil - Válvula de seguridad 6 bar y manómetro 0-10 bar - Conexión 3/4" para vaso de expansión - Válvula de llenado/vaciado - Caudalímetro - Fijación mural			
	Código	Bomba	Caudalímetro	Ud.
	07101	ST 25/6	2 - 15 l/min	ud.
07102	ST 25/7	7 - 30 l/min	ud.	
Kit de conexión para el vaso de expansión no incluido en el volumen de entrega.				


Kit de conexión para vaso de expansión				WG 020
	Juego de conexión y soporte de pared para vaso de expansión hasta 40 l, manguera blindada flexible de 1000 mm con 3/4" y 2 juntas.			
	Código	Tipo	Ud.	€/Ud.
	07401	3/4"	kit	63,60

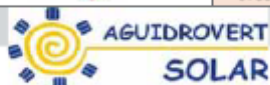
Línea solar adicional solarStarEX				WG 020
	Como la estación de retorno solarStar pero sin grupo de seguridad			
	Código	Bomba	Caudalímetro	Ud.
	07105	ST 25/6	2 - 15 l/min	ud.
07106	ST 25/7	7 - 30 l/min	ud.	

Accesorios para soloStar				WG 020
	Código	Designación	Ud.	€/Ud.
	07057	Adaptador para transición de euro cono a junta plana 1"	ud.	1,70

GASOKOL Estación solar circuStar				WG 020
	Estación solar con 2 líneas hidráulicas (impulsión y retorno) de 3/4", completa con bomba de circulación, grifo esférico de retorno con freno de gravedad integrado, válvula de seguridad solar de 6 bar, aislamiento de EPP, termómetros, manómetro, caudalímetro 1 - 13 l/min., juego de conexión y soporte de pared para vaso de expansión hasta 40 l, tubo de acero inoxidable de 1000 mm con 3/4" y 2 juntas.			
	Código	Bomba	Toma	Ud.
	07326	ST 15/6	2 x 3/4" RI	ud.
07327	ST 15/7	2 x 3/4" RI	ud.	
Ayuda para el pedido: Para la conexión de circuStar 4 racores 3/4" RE son necesarios				

GASOKOL Estación solar				WG 020
	Estación solar para impulsión y retorno, completa con bomba de circulación, freno de gravedad de latón, termómetro, conexión para vaso de expansión, válvula de seguridad 6 bar, manómetro 0 - 6 bar, incl. soporte de pared			
	Código	Bomba	Toma	Ud.
	07365	RS-30/7	5/4" RI	ud.
07334	Top-S 30/7	5/4" RI	ud.	
07335	Top-S 30/10	5/4" RI	ud.	

Juego de bomba				WG 020
	Bomba de circulación, grifos esféricos con freno de gravedad integrado, válvula de llenado/vaciado			
	Código	Bomba	Toma	Ud.
	07320	RS 25/4-3	2 x 1" RI	ud.
07321	RS 25/6-3	2 x 1" RI	ud.	
07322	RS 25/7-3	2 x 1" RI	ud.	
07339	Top-S 30/7	2 x 5/4" RI	ud.	
07393	Z 25/6	2 x 1" RI	ud.	
				bomba para circuito abierto



c/ Cervantes 20, Zaragoza 50.006 (Spain)
 Tel.: 976302135 Fax: 976468085
www.aguidrovert.com info@aguidrovert.com

INSTAL CLUB

902 377 477
instalclub@saunierduval.es

Si es Vd. Instalador y no conoce aún INSTAL CLUB, solicite información y comience cuanto antes a disfrutar de las múltiples ventajas y servicios que le ofrece el Club Profesional de instaladores de Saunier Duval.

Servicios comerciales:

Albacete	967 26 00 37
Alicante	96 517 42 46
Almería	95 468 02 88
Asurias	98 531 12 73
Ávila	923 23 26 41
Barcelona	93 284 19 40
Badajoz	924 31 08 02
Bilbao	94 480 62 00
Burgos	947 29 10 92
Cáceres	924 51 08 02
Cádiz	95 468 02 88
Castellón	96 316 25 60
Ciudad Real	926 23 23 06
Córdoba	95 468 02 88
A Coruña	981 85 46 65
Cuenca	969 21 20 20
Girona	972 40 55 21
Granada	958 46 83 96
Guadalajara	91 754 01 50
Huesca	974 22 39 37
Jaén	95 468 02 88
Las Palmas	928 18 02 50
León	987 26 15 42
Logroño	941 23 33 28
Lugo	981 85 46 65
Lleida	973 22 45 44
Madrid	91 754 01 50
Málaga	95 468 02 88
Manresa	93 873 09 78
Murcia	968 20 29 67
P. Mallorca	971 75 75 28
Pamplona	948 26 25 86
Palencia	983 47 55 00
Salamanca	923 23 26 41
Santander	942 33 87 32
San Sebastián	943 21 65 64
Segovia	983 47 55 00
Sevilla	95 468 02 88
Tarragona	977 24 51 71
Toledo	926 23 23 06
Valencia	96 316 25 60
Valladolid	983 47 55 00
Vic	93 886 00 40
Vigo	986 20 25 12
Vitoria	945 22 61 08
Zamora	923 23 26 41
Zaragoza	976 38 62 15

Atención al Cliente:

902 45 55 65

Asistencia Técnica:

902 12 22 02

www.saunierduval.es

Características técnicas

THEMA CONDENS THEMAFAST CONDENS

		THEMA CONDENS F 25	THEMA CONDENS F AS 25	THEMA CONDENS F AS 30	THEMAFAST CONDENS F 25	THEMAFAST CONDENS F 30
Categoría del gas		ИЗНП				
Calefacción						
Potencia útil mín./máx.	KW 50/30 °C	5,4 / 19,6	6,6 / 26,7	9,3 / 32,8	5,4 / 19,6	6,6 / 26,7
Potencia útil mín./máx.	KW 80/60 °C	4,9 / 18,1	5,9 / 24,5	8,5 / 30,0	4,9 / 18,1	5,9 / 24,5
Rdto. 30% de carga	% 40/30 °C	108,6	109,2	109,2	108,6	109,2
Tª mín./máx.	°C	10 / 80 °C	10 / 80 °C	10 / 80 °C	10 / 80 °C	10 / 80 °C
Capacidad vaso de expansión	L	B	B	B	B	B
Agua caliente sanitaria						
Potencia útil mín./máx.	kW	5,1 / 25,5	-	-	5,1 / 25,5	6,1 / 30,6
Ajuste de Tª	°C	38 / 60	-	-	38 / 60	38 / 60
Caudal mínimo	L/min	1,9	-	-	1,9	1,9
Caudal específico EN 13.203	dt 25 °C L/min	14,6	-	-	14,6	17,5
Presión máxima alimentación	bar	10	-	-	10	10
Evacuación de humos						
Longitud máxima	C13 60/100 horizontal			0,4 / 10 m		
Longitud máxima	C13 80/125 horizontal			0,4 / 12 m		
Longitud máxima	C33 60/100 vertical			1 / 10 m		
Longitud máxima	C33 80/125 vertical			1 / 13 m		
Longitud máxima	C43 horizontal a colectio			0,4 / 10 m		
Longitud máxima	C85/C53 80/100 doble flujo			2 x (0,5 - 20 m)		
Circuito eléctrico						
Protección		IPXAD	IPXAD	IPXAD	IPXAD	IPXAD
Máximo consumo	W	151	151	181	151	181
Dimensiones/peso						
Dimensiones	alto/ancho/profundo mm	740/418/344	740/418/344	740/418/344	740/418/344	740/418/344
Peso Neto	kg	37,1	37,7	38,3	38,4	39



Saunier Duval

GASOKOL Complementos para instalaciones de energía solar térmica


Racor de conexión con atornilladura de anillos de apriete						WG 020
	Para tubo de cobre con anillo de EPDM					
	Código	Tipo	Ud.	€/Ud.		
	07060	3/4" x 15 mm	ud.	6,60		
	07061	3/4" x 18 mm	ud.	6,80		
	07062	3/4" x 22 mm	ud.	7,40		
	07063	1" x 15 mm	ud.	8,50		
	07064	1" x 18 mm	ud.	8,65		
07065	1" x 22 mm	ud.	9,30			
Caudalimetro solar						WG 020
 07377 07347 07378 07348	Para ajustar el flujo volumétrico en sistemas solares					
	Código	Conexión	l/min	Ud.	€/Ud.	
	07377	3/4" RE x 3/4" RI	1,5 - 6	ud.	70,50	
	07378	3/4" RE x 3/4" RI	4 - 16	ud.	70,50	
	07347	3/4" RE x 3/4" RI	10 - 20	ud.	189,00	
07348	1" RI x 1" RI	10 - 40	ud.	199,00		
Válvula de distribución térmica						WG 020
	Con 2 salidas y 1 entrada, para la distribución resp. conmutación en sistemas de calefacción bivalentes o acumuladores de calor, caja de fundición roja resistente contra la corrosión, partes internas de latón, juntas de EPDM, incl. termostato, sin energía adicional, con sonda de inmersión y tubo capilar 2 m					
	Código	Conexión	Gama	KVS	Ud.	€/Ud.
	40039	1" RE	40 - 70 °C	6,5	ud.	279,00
40038	5/4" RE	40 - 70 °C	9,5	ud.	389,00	
Mezclador termostático de agua de servicio						WG 020
	Para ajustar la temperatura del agua sanitaria en sistemas solares					
	Código	Conexión	Designación	KVS	Ud.	€/Ud.
	07368	3/4" RE	Gama 35 - 60 °C	1,5	ud.	63,70
	07369	1" RE	Gama 35 - 60 °C	1,6	ud.	67,00
	07367	3/4" x 1/2"	Conexión		kit	49,50
07370	1" x 3/4"	Conexión		kit	52,20	
Válvula motorizada de tres vías						WG 020
 sin corriente AB-B abierta	Para ajustar el flujo volumétrico en sistemas solares					
	Código	Conexión	Tensión	KVS	Ud.	€/Ud.
	07362	3/4" RI	- 230 V	7,8	ud.	102,90
07363	1" RI	- 230 V	12,6	ud.	105,90	
Válvula de zona de dos vías						WG 020
 Cerrada sin corriente	Para ajustar el flujo volumétrico en sistemas solares					
	Código	Conexión	Tensión	KVS	Ud.	€/Ud.
	07352	3/4" RI	- 230 V	7,0	ud.	102,90
07353	1" RI	- 230 V	9,0	ud.	105,90	
Anticongelante corroStar						WG 020
 Destilación Anticongelante % -30 -13 -33 -16 -38 -20 -43 -25	Anticongelante propilenglicol, biodegradable con protección contra la corrosión, Líquido concentrado apto para captadores planos.					
	Código	Tipo	Envase	Color	Ud.	€/Ud.
	07842	corroStar 10	10 l bidón	verde	lt.	6,70
	07844	corroStar 25	25 l bidón	verde	lt.	6,70
	07848	corroStar 218	218 l bidón	verde	lt.	6,40
	Anticongelante resistente a altas temperaturas apto para tubos de vacío					
	07843	corroStar-HT 10	10 l bidón	rojo	lt.	9,30





c/ Cervantes 20, Zaragoza 50.006 (Spain)
 Tel.: 976302135 Fax: 976468085 13
 www.aguidrovert.com info@aguidrovert.com


GASOKOL


Regulación solar y accesorios

Regulación solar sunTronic 21						WG 030	
	Regulación universal monocircuito controlada por microprocesador con pantalla LCD, 1 salida; umbrales ajustables de diferencia de temperatura y termostato; 2 sensores, vaina, cable de acometida a la red y material de montaje. Opcional: Calorímetro (accesorio necesario: medidor de volumen (caudalímetro)) Tipo sunTronic 21 D salida con la regulación de la velocidad de la bomba Tipo sunTronic 21 R salida con relé 3 A						
	Código	Designación	Sensores	Tensión	Salidas	Ud.	€/Ud.
	06013	sunTronic 21-R	2	~ 230 V	1	ud.	141,00
06014	sunTronic 21-D	2	~ 230 V	1	ud.	141,00	

Regulación solar y de calefacción sunTronic 61/3						WG 030	
 06061 06062 06121	Regulación universal monocircuito (posibilidad de ampliación hasta 3 circuitos) controlada por microprocesador con pantalla LCD, línea de datos, salida con posibilidad de activar la regulación de la velocidad de la bomba, umbrales ajustables de diferencia de temperatura y termostato; 3 sensores, 2 vainas, cable de acometida a la red y material de montaje, función calorímetro Opcional: Calorímetro (accesorio necesario medidor de volumen)						
	Código	Designación	Sensores	Tensión	Salidas	Ud.	€/Ud.
	06061	sunTronic 61/3	3	~ 230 V	1	ud.	195,00
06121	Module relé electromecánico para la ampliación de la regulación con 2 salidas				ud.	35,00	

Regulación solar y de calefacción sunTronic 61/3-R5						WG 030	
	Regulación universal para tres circuitos controlada por microprocesador con pantalla LCD, línea de datos, salida con posibilidad de activar la regulación de la velocidad de la bomba, dos salidas, tipo relé, umbrales ajustables de diferencia de temperatura y termostato, 5 sensores, 3 vainas, cable de acometida a la red y material de montaje, función calorímetro						
	Código	Designación	Sensores	Tensión	Salidas	Ud.	€/Ud.
	06062	sunTronic 61/3-R5	5	~ 230 V	3	ud.	252,00

Accesorios					WG 030
	Código	Designación	Ud.	€/Ud.	
	06086	Medidor de volumen para calorímetro hasta 1,5 m³/h	ud.	102,30	
	06087	Medidor de volumen para calorímetro hasta 2,5 m³/h	ud.	112,90	
	06139	Set de conexión a PC con interfaz USB	ud.	127,70	
	06100	Sensor para el registro de la intensidad de la radiación solar	ud.	42,20	
	06101	Sensor de temperatura para captadores con característica KTY	ud.	22,50	
	06102	Sensor de temperatura para acumuladores con característica KTY	ud.	14,80	
	06104	Sensor de temperatura para captadores con característica PT1000	ud.	34,10	
	06105	Sensor de temperatura para acumuladores con característica PT1000	ud.	28,90	

Vainas				WG 640
	Vainas de alta calidad para garantizar la transmisión del calor óptima, diámetro interior 6 mm, 1/2" rosca externa SW22, rosca interior PG7			
	Código	Tipo	Ud.	€/Ud.
	570120	Vaina 40 mm, de latón	ud.	7,80
	570121	Vaina 60 mm, de latón	ud.	7,80
	570124	Vaina 140 mm, de latón	ud.	7,80
	570126	Vaina 200 mm, de latón	ud.	10,30
	570128	Vaina 250 mm, de latón	ud.	10,90
	570129	Vaina 300 mm, de latón	ud.	12,20
	570130	Vaina 140 mm, de acero inoxidable	ud.	21,90



c/ Cervantes 20, Zaragoza 50.006 (Spain)
 Tel.: 976302135 Fax: 976468085 11
 www.aguidrovert.com info@aguidrovert.com

OFERTA

OFERTA COBRE NETOS EN ROLLO

Tubo doble aislado 1/4" x 0.80-3/8" x 0.80	(25m)	(F30240)	69,00 €/RLL	2,76 €/ml
Tubo doble aislado 1/4" x 0.80-1/2" x 0.80	(25m)	(F30243)	82,75 €/RLL	3,31 €/ml
Tubo doble aislado 1/4" x 0.80-5/8" x 0.80	(25m)	(F30250)	92,75 €/RLL	3,71 €/ml
Tubo doble aislado 3/8" x 0.80-5/8" x 0.80	(25m)	(F30252)	113,50 €/RLL	4,54 €/ml
Tubo doble aislado 3/8" x 0.80-3/4" x 1	(25m)	(F30249)	138,75 €/RLL	5,55 €/ml

Precios sujetos a cotización, la empresa se reserva el derecho de cambio de precios sin previo aviso

Tubo Aislado simple 1/4" x 0.80 mm	(25m)	(SIMPLE 14)	31,00 €/RLL	1,24 €/ml
Tubo Aislado simple 3/8" x 0.80 mm	(25m)	(SIMPLE 38)	40,50 €/RLL	1,62 €/ml
Tubo Aislado simple 1/2" x 0.80 mm	(25m)	(SIMPLE 12)	63,00 €/RLL	2,52 €/ml
Tubo Aislado simple 5/8" x 0.80 mm	(25m)	(SIMPLE 5808)	68,25 €/RLL	2,73 €/ml
Tubo Aislado simple 3/4" x 1 mm	(25m)	(SIMPLE 34)	124,75 €/RLL	4,99 €/ml

Precios sujetos a cotización, la empresa se reserva el derecho de cambio de precios sin previo aviso

OFERTA COBRE NETOS EN CAJAS

Rollo cobre HALCOR 1/4" pulg x 0.80 mm	(15m)	(COBRE14)	15,11 €
Rollo cobre HALCOR 3/8" pulg x 0.80 mm	(15m)	(COBRE38)	23,48 €
Rollo cobre HALCOR 1/2" pulg x 0.80 mm	(15m)	(COBRE12)	31,35 €
Rollo cobre HALCOR 5/8" pulg x 0.80 mm	(15m)	(COBRE58)	40,89 €
Rollo cobre HALCOR 3/4" pulg x 1 mm	(15m)	(COBRE34)	41,56 €

Precios sujetos a cotización, la empresa se reserva el derecho de cambio de precios sin previo aviso

HASTA FIN DE EXISTENCIAS

A partir del 12-03-10 IVA NO INCLUIDO

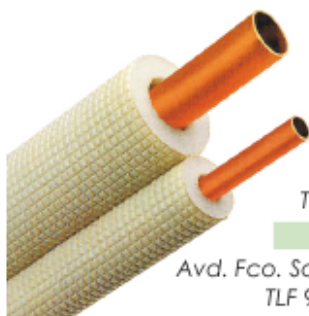
Cobre doble aislado:

CARACTERÍSTICAS: Tubería de cobre aislada con 8 mm.
Cumple la normativa de espesores: EN-12735-1.

C/ Isidoro Sevilla, esq. C/Bolulla-03009 **ALICANTE**
TLF 965 173 258 Fax 965 171 885 levante@aislamientos.info

www.aislamientos.info

Avd. Fco. Salzillo, parcela 30/19. Pol. Ind. Oeste-30169 **SAN GINES-MURCIA**
TLF 968 826 558 Fax 968 826 548 murcia@aislamientos.info





■ PURGADOR AUTOMÁTICO SOLAR

Descripción

Los purgadores automáticos cumplen la función de evacuar el aire del circuito solar en las operaciones de llenado y mantenimiento.

En las instalaciones solares los purgadores automáticos siempre deben llevar una llave de corte delante para aislarlos una vez se haya realizado el llenado de la instalación. De esta forma se evitará que el fluido del circuito se evacue por el purgador automático cuando la temperatura de dicho fluido llegue a su punto de evaporación.

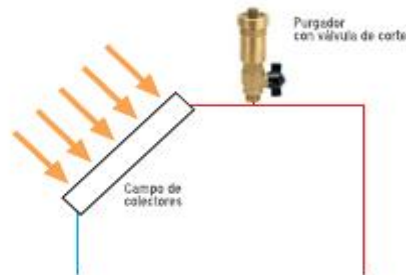


Características técnicas

- Temperatura máxima de trabajo: 150°C.
- Fluido: mezcla de agua / glicol 50%.
- Presión máxima de trabajo 6 bar.
- Conexión: 3/8" M.
- Conexiones de la válvula de corte: 3/8" H-3/8" M.

Instalación y puesta en marcha

Los purgadores se deben instalar en el punto más alto de la instalación (generalmente la salida de los colectores solares) y siempre en posición vertical. Una vez se realice el llenado y purgado de la instalación cerrar la válvula de corte instalada antes del purgador.



■ SEPARADOR DE AIRE

Descripción

Como su nombre indica este elemento ayuda a separar el aire contenido en el circuito mediante un volumen de expansión y una rejilla contenida en el interior. Este aire puede ser evacuado del sistema instalando un purgador automático en su parte superior o mediante un purgador manual.

Características técnicas

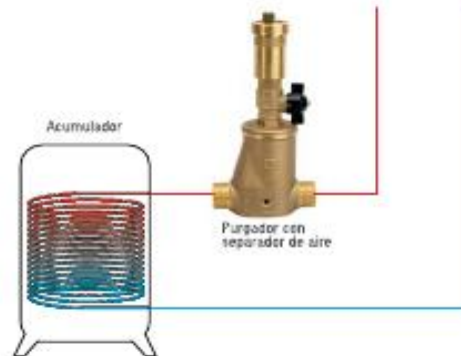
- Temperatura máxima de trabajo: 150°C.
- Fluido: mezcla de agua glicol 50%.
- Presión máxima de trabajo: 6 bar.
- Conexión superior: 3/8" H.
- Accesorios de conexión a tubo de ø22 mm.



Instalación

Los separadores de aire se deben instalar en líneas horizontales de tubería y en posición horizontal para que el aire se acumule en la parte superior.

El separador también incluye accesorios para fijación a la pared.



■ VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Descripción

Las válvulas de seguridad solares a membrana están destinadas a limitar la presión del circuito primario de los sistemas solares térmicos. Incorporan también una maneta de accionamiento para efectuar un vaciado manual.

Características técnicas

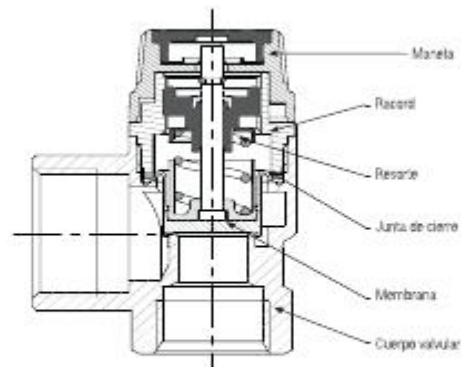
- Temperatura máxima de trabajo: 160°C.
- Fluido: mezcla de agua-glicol 50%.
- Conexiones: 3/4" H- 3/4" H.
- Junta y membrana de etileno-propileno.
- Cuerpo de válvula en latón especial estampado, según normas EN 12165.
- Resorte con tratamiento antioxidante.
- Presiones de tarado: 3, 4, 6, 8, 10 bar.
- Homologación para válvulas de seguridad solares: TÜV SV 07 2012 • SOL • 50 • p.



Instalación

Las válvulas de seguridad se deben instalar en posición vertical u horizontal, nunca invertidas (con la maneta hacia abajo). Además se debe evitar instalar elementos que aislen la válvula del resto del sistema.

Se recomienda también prever un dispositivo de recogida de fluido a la salida para evitar que la mezcla de agua y anticongelante evacue sin control.





■ VÁLVULAS MEZCLADORAS TERMOSTÁTICAS

Descripción

Las válvulas mezcladoras se utilizan principalmente en las líneas de distribución de agua caliente sanitaria para limitar la temperatura del agua de consumo. El control de la temperatura se asegura por medio de tecnología de cera de reacción rápida.

En las instalaciones solares las válvulas mezcladoras termostáticas se utilizan en la salida del acumulador solar. El objetivo principal de instalar estas válvulas es evitar riesgos de quemaduras en el usuario final cuando la temperatura en el acumulador es superior a la máxima recomendada para uso sanitario (en los acumuladores solares el agua puede alcanzar temperaturas superiores a 80°C).

Existen modelos específicos solares para aquellos sistemas en los que existe riesgo de que la temperatura del acumulador supere los 90°C (en sistemas en los que no existe una limitación de temperatura en el acumulador).



Características técnicas

	Modelo estándar	Modelo Solar	Modelo Solar alta T°
Temperatura fijada en fábrica	41°C	47,5 °C	63 °C
Rango de temperatura a la salida	35 °C - 50°C	40°C - 50 °C	50°C - 70 °C
Temperatura del agua caliente de entrada	95 °C máx.	60-130 °C	60-130 °C
Temperatura del agua fría de entrada	5-25 °C	5-30 °C	5-30 °C
Diferencia de temperatura mínima para la mezcla	10 °C	15 °C	15 °C
Estabilidad de temperatura (nominal)	± 3 °C	± 3 °C	± 3 °C
Presión estática de trabajo	10 bar	10 bar	10 bar

Instalación y ajuste de temperatura

- Introducir los anfitretornos en las dos entradas de la válvula (en las referencias en las que se suministran).
- Respetar el sentido de flujo indicado.
- Comprobar que las tuberías de agua caliente y fría se instalan en las entradas correspondientes: "H" o punto rojo para la entrada caliente y "C" o punto azul para la entrada fría.
- Instalar los filtros suministrados en las conexiones de las entradas a la tubería (en las referencias con filtros).



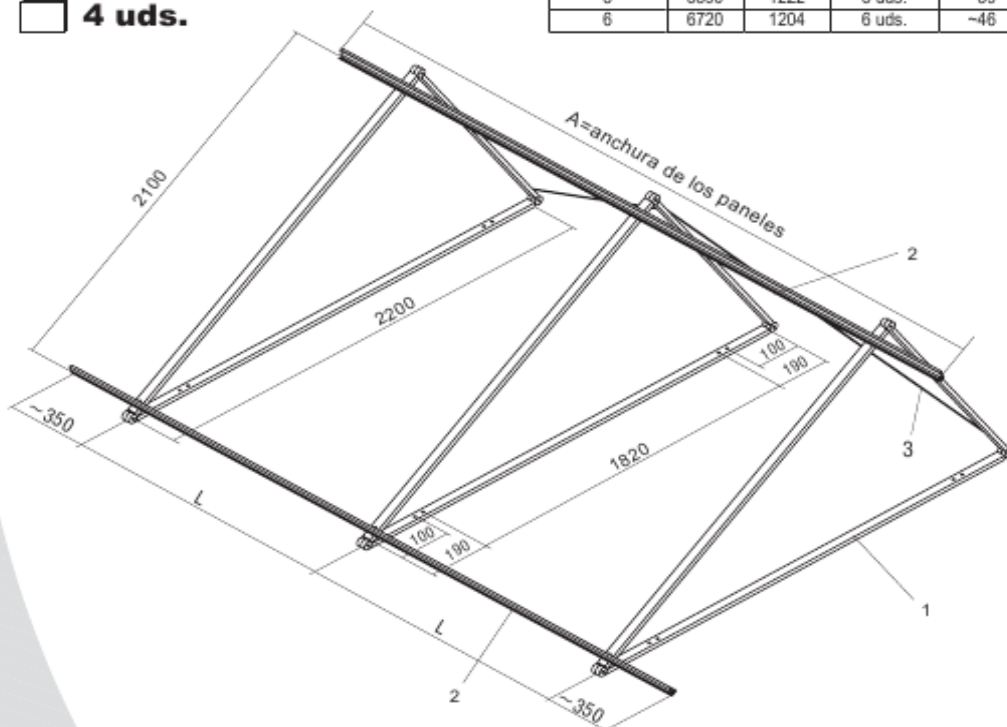
Una vez instalada la válvula se debe ajustar la temperatura de salida. Las válvulas mezcladoras tienen una llave específica para evitar manipulaciones no deseadas.

1. Retirar la tapa.
2. Ajustar la temperatura girando el cartucho de la válvula con la llave específica que se suministra. Girar en sentido de las agujas del reloj para disminuir la temperatura y en sentido contrario para aumentarla.
3. Una vez alcanzada la temperatura deseada en la salida se deberían realizar 3 cortes de suministro de agua caliente y fría alternativamente. De esta forma el pistón se desplazará en todo su recorrido y se asegurará su correcto funcionamiento.
4. Recolocar la tapa.

Bastidor de montaje para tipo vertical

- 2 uds.** **5 uds.**
 3 uds. **6 uds.**
 4 uds.

Paneles Nr.	A mm	L mm	Soportes Nr.	Peso kg
2	2200	1500	2 uds.	-19
3	3330	1315	3 uds.	-26
4	4460	1253	4 uds.	-32
5	5590	1222	5 uds.	-39
6	6720	1204	6 uds.	-46



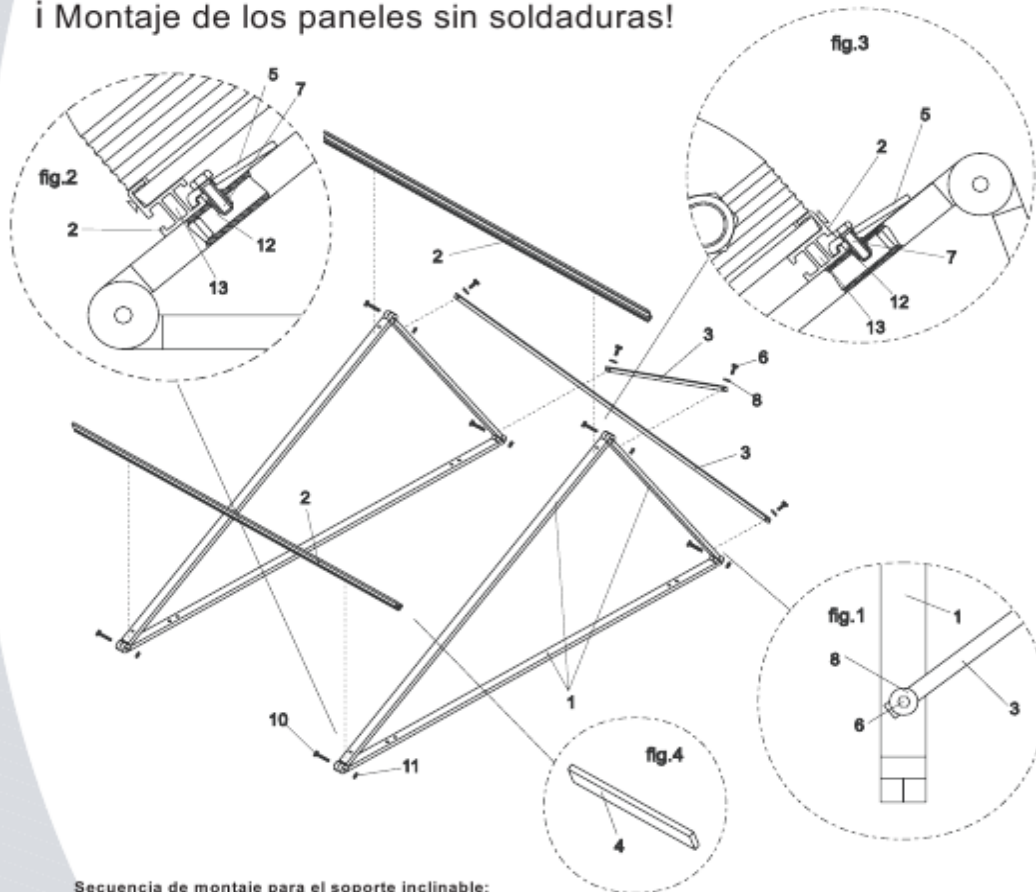
Pos	Código	Descripción	Paneles solares						
			1	2	3	4	5	6	
			Código	03551	03552	03553	03554	03555	03556
1	03916	Set perfil de aluminio 40 x 20 (tres barras)	2	2	3	4	5	6	
2	09150	Perfil en aluminio pulverizado	2	2	2	2	2	2	
3	03941	Tirantes de aluminio	2	2	2	2	2	2	
4	09717	Barra de unión en aluminio	2	2	2	2	2	2	
5	03948	Anclaje - AISI 304	4	4	6	8	10	12	
6	29068	Tornillo con cabeza hexagonal SKS M8x20 - AISI 304	4	4	4	4	4	4	
7	29066	Tornillo con cabeza hexagonal SKS M8x25 - AISI 304	4	4	6	8	10	12	
8	29206	Arandela para M8 - AISI 304	4	4	4	4	4	4	
9	29526	Tornillo autoperforante/autoenroscable 5,5x32 mm	4	4	6	8	10	12	
10	29045	Tornillo llave allen M8x35 DIN 912 - AISI 304	6	6	9	12	15	18	
11	29272	Tuerca hexagonal de seguridad M8 DIN 985 - AISI 304	6	6	9	12	15	18	

AGUIDROVERT, S.L.

 Cervantes 20, pral izda, 50.006 Zaragoza (Spain)
 Tel. 00-34-976302135 Fax. 00-34-976468085
 www.aguidrovert.com info@aguidrovert.com

Montaje del bastidor

¡ Montaje de los paneles sin soldaduras!



Secuencia de montaje para el soporte inclinable:

- Acoplar el set de perfiles 1 con el tornillo 10 para llave allen y la rosca hexagonal de seguridad 11.
- Establecer la posición de cada soporte respetando la distancia indicada en la página anterior y fijar los soportes sobre la estructura con los tornillos y los tacos de expansión.
- Montar los tirantes 3 (la perforación se hace en el sitio después de hacer la medición) con el tornillo de cabeza hexagonal 6 y la arandela 8 en la adecuada rosca 12, montada sobre el perfil 1 como se indica en la Fig.1. Los tirantes deben partir desde la parte de arriba del primer panel pasando después a la parte de abajo del segundo, el montaje debe terminar con el segundo tirante que pasa desde la parte de abajo del penúltimo a la parte alta del último.
- Fijar el perfil 2 en la parte inferior con el anclaje 5 y el tornillo con cabeza hexagonal 7 en la adecuada rosca 12 montado en el perfil 1 como es indicado en la Fig. 2.
- Introducir los paneles en perfil 2 y montar de la misma forma el perfil 2 en la parte superior sin fijarlos.
- Juntar los paneles utilizando los racores correspondientes en la parte superior utilizando las llaves fijas 38 y 27.
- **Atención! Es necesario sujetar firmemente el racor del captador, para evitar que el tubo del absorbedor se tuerza!**
- Fijar el perfil 2 en la parte superior con el anclaje 5 y el tornillo de cabeza hexagonal 7 en la adecuada rosca 12 montado en el perfil 1 como se indica en la Fig. 3 .
- Introducir la barra de conexión 4 Fig. 4 en la ranura 13 de modo que queden juntos los perfiles 2.
- Fijar con el tornillo autopercutor/autoenroscable cada panel, tanto en la parte superior como en la parte inferior, en el adecuado agujero del perfil.

Advertencia: Para el cálculo de la carga en la estructura conforme a las normas se debe solicitar la intervención en obra de un técnico autorizado. Gasokol no asume ninguna responsabilidad al respecto



AEROLINE®
TUBE SYSTEMS
BAUMANN GMBH

AEROFLEX® KKS Calor 40°C a 60°C INTERIOR

Tubos flexibles aislantes de EPDM para tecnología sanitaria, sistemas solares de baja temperatura, bomba de calor y suelo radiante.

Coquilla aislante AEROFLEX de EPDM, ligera, flexible, de celdas cerradas, caucho sintético; libre de PVC y CFC; clase de material de construcción: B2 según DIN 4102; tuberías de cobre y acero inoxidable no frágiles según DIN 1988 parte 7; Dimensiones ajustadas según DIN 52275-2. Resistencia a la temperatura permanente hasta +125°C; brevemente hasta +175°C (temperatura de parada de colectores); Coeficiente de conductividad térmica a +10°C, $\lambda_{10^{\circ}\text{C}} = 0,035^* \text{ W/mK}$ y a 0°C, $\lambda_{0^{\circ}\text{C}} = 0,033 \text{ W/mK}$.

Muy buena resistencia al ozono y los rayos UV. Aislamiento térmico para tuberías en tecnología sanitaria, de calefacción y solar de acuerdo al Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE).

* Valor medido por FIW – München



CALOR 40°C - 60°C INTERIOR

Para temperatura máxima del fluido 40°C y 60°C
Aislamiento en coquilla: Longitud 2m

DIÁMETRO EXTERIOR TUBERÍA [mm]	ESPESOR RITE [mm]	ESPESOR AEROFLEX [mm]	METROS POR CARTÓN [m]	AEROLINE KKS			AEROLINE KKS/SAPT		
				N° ART.	PRECIO [m]	PRECIO CARTÓN	N° ART.	PRECIO [m]	PRECIO CARTÓN
10	25	19	64	3.019.010	4,70	300,80	-	-	-
12	25	25	40	3.025.012	6,95	278,00	-	-	-
15	25	25	36	3.025.015	7,40	266,40	3.725.016	11,95	430,20
18	25	25	36	3.025.018	8,20	295,20	3.725.018	12,55	451,80
22	25	25	32	3.025.022	9,15	292,80	3.725.022	13,50	432,00
25	25	25	24	3.025.025	10,50	252,00	3.725.025	15,10	362,40
28	25	25	24	3.025.028	11,20	268,80	3.725.028	15,55	373,20
35	25	25	20	3.025.035	12,60	252,00	3.725.035	17,25	345,00
42	30	25	16	3.025.042	15,65	250,40	3.725.042	20,40	326,40
48	30	25	16	3.025.048	17,30	276,80	3.725.048	22,05	352,80
54	30	25	16	3.025.054	18,50	296,00	3.725.054	23,25	372,00
60	30	32	8	3.032.060	31,00	248,00	3.732.060	37,55	300,40
73	30	32	12	3.032.073	34,20	410,40	3.732.073	39,05	468,60
90	30	32	12	3.032.090	37,15	445,80	3.732.090	42,00	504,00
109	30	32	4	3.032.109	54,40	217,60	3.732.109	64,60	258,40
127	30	32	6	3.032.127	57,90	347,40	3.732.127	66,65	399,90
140	30	32	6	3.032.140	59,40	356,40	3.732.140	68,10	408,60
165	35	32	4	3.032.165	73,45	293,80	3.732.165	82,20	328,80

CONSULTAR POR OTROS ESPESORES, DIÁMETROS DE TUBERÍA Y GRANDES LARGOS DE COQUILLA

AEROLINE TUBE SYSTEMS | D-89061 Ulm | Im Lehrer Feld 30 | Tel.: 976302135 | Fax: 976468085
AGUIDROVERT SOLAR | c/ Cervantes 20, Zaragoza 50.006 | www.aguidrovert.com | info@aguidrovert.com



Estos precios no incluyen el IVA vigente - Modificaciones reservadas

23